

Elektrisitetsforbruk i husholdningene

*Hvordan elektrisitetsforbruket varierer med
demografiske forhold*

Arne Bruaas



Masteroppgave Økonomisk Institutt

UNIVERSITETET I OSLO

14.10.13

Elektrisitetsforbruk i husholdningene

Hvordan elektrisitetsforbruket varierer med demografiske forhold

© Arne Bruaas

2013

Elektrisitetsforbruk i husholdningene

Arne Bruaas

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Sammendrag

Den gjennomsnittlige husholdningsstørrelsen i Norge har endret seg fra 3,3 personer per husholdning i 1960 til 2,2 i dag, og forventet levealder for den norske befolkningen har blitt betydelig høyere. Sammensetningen av befolkningen er ventet å fortsette å endre seg, hvilket vil kunne få konsekvenser for flere bransjer. Denne oppgaven fokuserer på hvordan disse demografiske endringene vil kunne påvirke norske privathusholdningers elektrisitetsforbruk.

De studiene som har blitt gjennomført på dette feltet har hatt som formål å beskrive hva som påvirker energiforbruket i husholdningene for å kunne finne ut hvordan demografiske endringer vil påvirke utslipp av klimagasser. Flere empiriske arbeider finner en betydelig stordriftsfordel i energibruk per person for husholdninger med flere medlemmer.

Produksjonen av elektrisitet i Norge er hovedsakelig fra vannkraft, så forbruk av denne kraften er ikke direkte skadelig for miljøet. Kapasiteten på nettforbindelsene til utlandet blir imidlertid stadig bedre, og flere ledninger er planlagt i tiden fremover. Bedre nettkapasitet og høyere spenning på forbindelser til utlandet vil føre til et mindre tap ved overføring av elektrisk kraft ut av landet. Elektrisiteten norske privathusholdninger bruker har dermed en alternativ anvendelse som eksportvare til bruk for eksempel i husholdninger i utlandet, som ellers ville brukt elektrisitet generert i kullkraftverk.

Denne oppgaven setter seg fore å finne ut hva som påvirker norske privathusholdningers elektrisitetsforbruk. Spørsmålet om hvordan husholdningsstørrelse, antall personer i en husholdning, påvirker elektrisitetsforbruket per person får særlig oppmerksomhet. Dette gjøres ved å gjennomføre en regresjonsanalyse med logaritmen til husholdningenes utgifter til elektrisitet per person som den avhengige variabelen, der det kontrolleres for andre karakteristika ved en husholdning som antas å ha sammenheng med elektrisitetsbruken. Dette gir meg muligheten til å observere den isolerte effekten på utgiftene til elektrisitet per person i en husholdning, som resultat av endringen i hver av de uavhengige variablene. Utover husholdningsstørrelse inkluderes blant andre boligtype, landsdel, alder og utgifter til andre energibærere som forklaringsvariabler.

Datasettene som benyttes i analysen er Forbruksundersøkelsene til SSB fra 2007 og 2009. Disse er tilrettelagt og stilt til disposisjon av Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste. Selve analysen er gjennomført i statistikkanalyseprogrammet STATA. I tillegg har jeg lastet ned

gjennomsnittstemperaturer i januar og februar for alle værstasjoner som var tilgjengelig på eklima.met.no, en nettside som gjør historiske værdata fra Meteorologisk Institutt tilgjengelig.

Analysen i denne oppgaven bekrefter det andre studier på feltet har slått fast. Husholdninger med flere medlemmer har et lavere forbruk av elektrisitet per person, og er dermed mer energieffektive. Regresjonsanalysen i denne oppgaven estimerer personer i topersonshusholdninger til å bruke 40 % mindre på elektrisitet per person enn aleneboende, og i trepersonshusholdninger 54 % mindre. Da den avhengige variabelen i analysen er utgift til elektrisitet, og ikke tilført energimengde, tas det høyde for at prisen spiller en rolle. Det er sannsynlig at noe av stordriftsfordelen vi ser i større husholdninger er på grunn av den faste kostnaden ved å være tilknyttet strømnettet.

Også andre trekk ved en privathusholdning påvirker utgiftene til elektrisitet per person. Husholdninger i blokkleiligheter over 3. etasje har lavere utgifter til elektrisitet enn andre boligtyper. På grunn av stort behov for oppvarming bidrar større boligareal positivt til elektrisitetsbehovet, mens inntekt ikke ser ut til å ha noen signifikant sammenheng med elektrisitetsforbruket utover den positive korrelasjonen med boligareal.

At det er betydelige forskjeller på hvor energieffektive husholdninger med ulikt antall medlemmer er, kan få konsekvenser for hvor mye elektrisitet norske husholdninger vil bruke i framtiden. Avslutningsvis brukes analysens estimer for hvor mye elektrisitetsutgiftene per person endrer seg med husholdningsstørrelse som parametere i en svært enkel modell, for å illustrere hvordan fordelingen av Norges husholdninger på forskjellige husholdningsstørrelser kan påvirke etterspørselen etter elektrisitet. Disse beregningene antyder at for en fast befolkningsmengde framskrevet til 2050 kan forholdsvis moderate forskjeller i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse resultere i flere TWh endring i landets totale elektrisitetsforbruk.

Forord

En del av de data som er benyttet her er hentet fra Statistisk Sentralbyrås «Forbruksundersøkelsen 2007» og «Forbruksundersøkelsen 2009». Data er tilrettelagt og stilt til disposisjon i anonymisert form av Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS (NSD). Verken Statistisk Sentralbyrå eller NSD er ansvarlig for analysen av dataene eller de tolkninger som er gjort her.

Temperaturdata har jeg lastet ned fra Meteorologisk Institutt sin side eklima.met.no.

Jeg vil rette en stor takk til veilederen min ved Økonomisk Institutt, Nico Keilman. Han har vært positiv, støttende og tilgjengelig gjennom hele prosessen. Særlig i innspurten av arbeidet har hans råd, fleksibilitet og gode humør vært av uvurderlig verdi for meg.

Også Helene Roshauw i NSD fortjener takk for hjelpsomhet i forbindelse med anskaffelse av data til oppgaven og svært ekspeditte svar på alle henvendelser.

Takk til Bestefar for gode råd og foredrag gjennom 27 år, og for hans utrettelige forsøk på å få meg til å forstå den overveldende viktigheten av rumpeslit, fremfor talent, som den avgjørende faktoren for gode prestasjoner.

Familien min fortjener takk for deres tålmodighet, støtte og gode bidrag som hurtigarbeidende språkvaskkomité.

Til slutt vil jeg takke Sofie, som med tekniske og taktiske innspill har hjulpet meg veldig i arbeidet med denne oppgaven.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
2	Demografisk utsyn	3
2.1	Befolkningsvekst	3
2.1.1	Fruktbarhet	4
2.1.2	Dødelighet	5
2.1.3	Innvandring	5
2.1.4	Husholdninger	6
2.2	Befolkningsframskrivninger	7
3	Energibruk i husholdningene	9
3.1	Norsk elektrisitetsproduksjon	9
3.2	Energiforbruk i husholdningene	10
3.2.1	Energibærere	12
3.2.2	Hva påvirker husholdningenes elektrisitetsforbruk?	13
3.2.3	Demografiske forhold	18
4	Litteratur og empiri	20
5	Data, Metode, Modell.....	24
5.1	Data.....	24
5.2	Metode	24
5.2.1	Temperatur	27
5.3	Modell.....	28
6	Resultater.....	30
6.1	Husholdningsstørrelse	34
6.2	Alder	36
6.3	Nettoinntekt, hustype og boligflate	36
6.4	Landsdel.....	38
6.5	Andre energibærere	38
7	Samlet regresjonskjøring.....	39
8	Funn sammenlignet med tidligere forskning.....	43
9	Funn i lys av demografisk utsyn	45
10	Konklusjon	48
	Litteraturliste	49

Figur 1: Folkevekst, fødselsoverskudd og netto innvandring, 1951 - 2012, Kilde: SSB e.....	4
Figur 2: Overlevelseskurver for en hypotetisk befolkning på 100 000, 2000 - 2012, Kilde: Brunborg og Tønnesen 2013	5
Figur 3: Andel av husholdningene fordelt etter medlemmer, 2011. Kilde: SSB 2012 c	6
Figur 4: Andel av husholdningene i ulike størrelser, 1920 - 2011. Kilde: SSB 2013 b, tabell 05882.....	7
Figur 5: Alderssammensetning, registrert 2012 og framskrevet 2050 og 2100. Kilde: Brunborg og Tønnesen 2013	8
Figur 6: Elektrisitetsforbruk per husholdning og per person, kWh, 1930 - 2010. Kilde: Olje- og energidepartementet (2013).....	10
Figur 7: Energibærere i husholdningene, kWh, 1960 - 2004. Kilde: Bøeng 2005.....	12
Figur 8: Energiforbruk i husholdningene, etter anvendelse. Kilde: NVE 2012.....	13
Figur 9: Husholdningenes gjennomsnittlige elektrisitetsforbruk og temperatur per døgn for kundene i 2006. Kilde: Halvorsen 2012.....	14
Figur 10: Energibruk per husholdning etter boligtype og energibærere, kWh, 2009. Kilde: SSB 2011 a	16
Figur 11: Energibruk per husholdning per kvadratmeter, 1995 - 2009. Kilde: SSB 2011 a...	16
Figur 12: Elektrisitetsforbruk per person målt i kroner, plottet etter husholdningsstørrelse. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007.....	30
Figur 13: Elektrisitetsforbruk per person målt i kroner, plottet etter husholdningsstørrelse. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2009.....	31
Figur 14: Elektrisitetsforbruk per person i husholdninger av ulike størrelser, estimert og gjennomsnitt. Aleneboende normalisert til 1, Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009	34
Tabell 1: Normalisert elektrisitetsforbruk etter husholdningsstørrelse. Kilde: The Royal Commission on Environmental Pollution (2011).....	18
Tabell 2: Resultat av regresjon, 2007. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007	32
Tabell 3: Resultat av regresjon 2009. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2009	33
Tabell 4: Estimert elektrisitetsforbruk per person, omregnet til andels avvik fra aleneboende, som er normalisert til 1. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009	35
Tabell 5: Implisert forbruk i forhold til énpersonshusholdninger, Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009.....	36
Tabell 6: Resultat av regresjon 2007+2009, Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009	39
Tabell 7: Gjennomsnittstemperatur i landsdelene, vektet etter antall husholdninger i fylkene. Kilde: Meteorologisk Institutt (eklima.no).....	40
Tabell 8: Koeffisienter, standardfeil og konfidensintervall for differansene mellom tilsvarende landsdelsvariabler. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009	41
Tabell 9: Prosent av husholdningene etter størrelser, 3 scenarier.	46

1 Innledning

Moderne samfunn er kjennetegnet av et høyt energiforbruk. Deler av energien produseres som elektrisitet. I Norge produseres denne energien fra vannkraft, mens det i de fleste andre land for det meste produseres elektrisitet fra fossile brennstoff som olje og kull, og fra kjernekraft. I disse landene er det også mye mer vanlig å bruke alternative energibærere direkte til for eksempel matlaging og oppvarming av rom og vann, men i Norge er det i svært stor grad elektrisitet som er energibæreren også til disse formålene. Følgende hovedgrupper er forbrukere av elektrisk energi: Private husholdninger, kraftkrevende industri, annen vareproduserende industri og næringsbygg (SSB, 2013 a). Denne oppgaven fokuserer på elektrisitetsforbruket i private husholdninger i Norge.

De fleste studier av hva som påvirker husholdningenes forbruk av elektrisitet har blitt utført i den hensikt å forklare forbrukets bidrag til utslipp av skadelige klimagasser. I Norge produserer vi hovedsakelig elektrisk kraft fra fornybare ressurser, så forbruk av denne energien er ikke direkte knyttet til karbonutslipp. Elektrisitet handles dog i stadig økende grad over landegrensene, så den kraften vi ikke bruker selv kan selges til utlandet. Normalt vil denne strømmen kunne utkonkurrere elektrisitet produsert fra ikkefornybare energikilder, de denne er dyrere å produsere.

Flere empiriske studier har funnet at husholdninger med flere medlemmer er mer energieffektive enn små husholdninger (Ironmonger et al. (1995), O'Neill og Chen (2002), Liddle (2011)). Dette vil jeg undersøke mot norske forbruksdata. Ved å kontrollere for andre faktorer som påvirker elektrisitetsforbruk kan jeg isolere nettoeffekten av husholdningsstørrelse. En slik analyse ble gjennomført i Hanne Isdahls masteroppgave (Isdahl, 2011). Denne oppgaven forsøker å forbedre og utvide hennes analyser.

Private husholdninger stod for omtrent 30 % av det totale elektrisitetsforbruket i Norge i 2011 (SSB, 2013 a), en betydelig andel av etterspørselen etter elektrisk kraft. Gode estimater for etterspørselen etter elektrisitet på lang sikt er nyttige for god planlegging av kraftproduksjon og eventuell utbygging av kapasiteten i strømmettet. Prognoser for befolkningsutvikling og husholdningssammensetning i områder med stor vekst, som for eksempel Stavanger og Sandnes, vil kunne vise at man kan komme til å ha behov for ytterligere nettkapasitet.

Ved hjelp av økonometriske metoder vil jeg bruke relevante data fra forbruksundersøkelsene til SSB fra 2007 og 2009 til å studere hva som påvirker norske husholdningers elektrisitetsforbruk, og hvor store disse effektene er. Analysene vil bli gjennomført i statistikkprogrammet STATA. Elektrisitetsforbruk regnes som beløp brukt på elektrisitet per person, og oppgaven ser spesielt på hvordan husholdningstype- og størrelse fører til endringer i denne. Da jeg har data for elektrisitetsforbruk i to forskjellige år, vil jeg også finne data for temperatur i de ulike landsdelene, for å undersøke om disse kan forklare forskjellene mellom landsdelene de to årene.

Resultatene av analysen vil bli brukt til å estimere energiforbruket i framtiden, basert på befolkningsframskrivninger fra Statistisk Sentralbyrå. I det videre undersøkes dette estimatets følsomhet for endringer i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse.

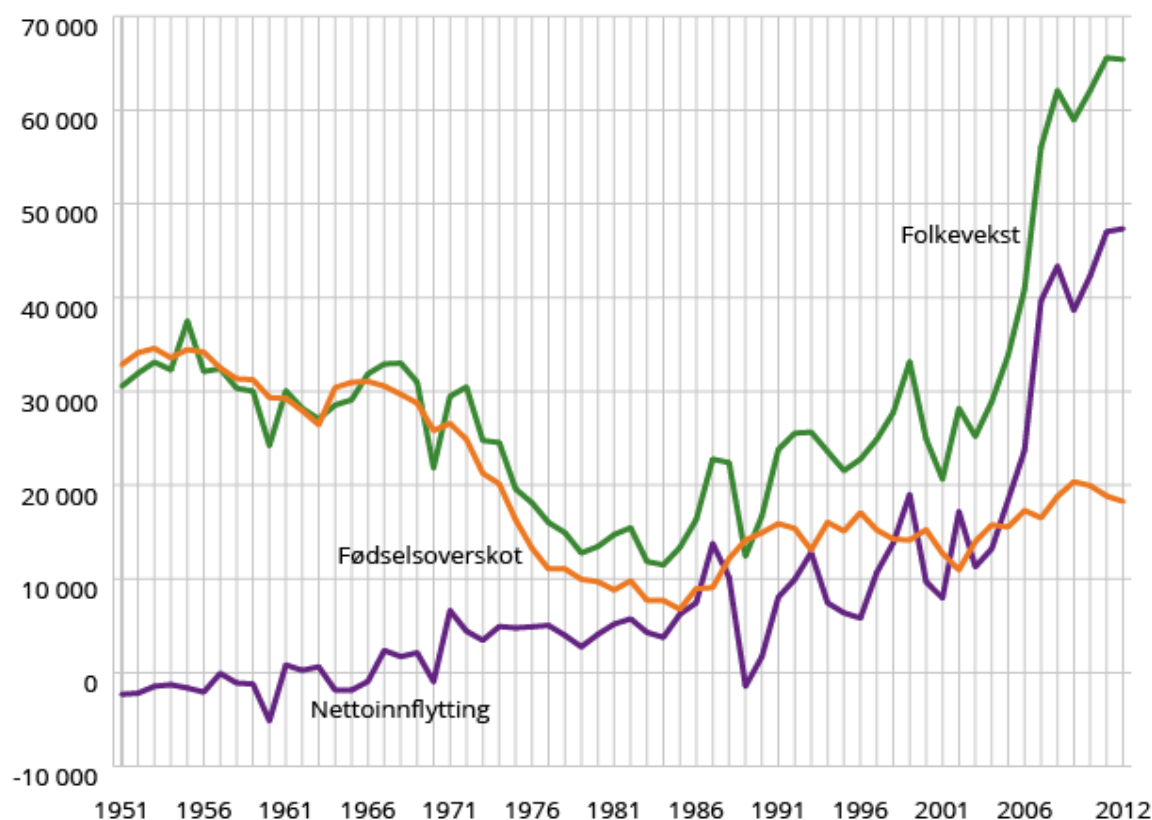
Kapittel 2 og 3 er bakgrunnsinformasjon om henholdsvis demografisk utsyn og norsk produksjon og forbruk av elektrisk kraft. Kapittel 4 er en gjennomgang av litteratur som omhandler hvordan demografiske faktorer påvirker private husholdningers energiforbruk. Kapittel 5 redegjør for dataene som er brukt og regresjonsmodellene som benyttes. Resultatene av disse blir presentert i kapittel 6 og 7. Funnene i oppgaven sammenlignes med funn i andre empiriske studier i kapittel 8. Kapittel 9 inneholder en modell og beregninger av husholdningenes elektrisitetsforbruk i tre scenarier for framtidig husholdningssammensetning, og kapittel 10 en kort konklusjon.

2 Demografisk utsyn

Bakgrunnen for denne oppgaven er altså at flere forskere har funnet ut at vi kan gi mer presise estimer på energibruken i husholdningene ved å ta hensyn til hvor store, og hvilken type, husholdninger befolkningen bor i. Dette kapitlet gjør rede for utviklingen i den norske befolkningen i dag og forventet framtidig utvikling. De størrelsene som er spesielt viktige for denne oppgaven er tall for husholdningsstørrelse og alderssammensetning i befolkningen. Utviklingen i disse tallene vil senere bli knyttet sammen med mine resultater for elektrisitetsforbruk per person for å se hvordan den fremtidige sammensetningen av norske husholdninger vil påvirke deres totale elektrisitetsforbruk.

2.1 Befolkningsvekst

Norge passerte 5 millioner innbyggere i 1. kvartal 2012, og vi var ved siste årsskifte i overkant av 5 050 000 mennesker. Veksten i folkemengden har vært sterk og tiltagende siden årtusenskiftet. Endring i folkemengden er et resultat av differansen mellom innvandring, utvandring, fødsler og dødsfall. I Norge har den sterke økningen i veksten siden årtusenskiftet hovedsakelig vært på grunn av høy innvandring, men vi har også hatt fødselsoverskudd i denne perioden, altså flere fødsler enn dødsfall. I 2012 ble vi 65 400 flere mennesker, og 72 % av denne veksten skyldtes en netto innvandring på 47 300 mennesker fra utlandet. Figur 1 illustrerer hvordan veksten i folkemengde har mer enn fordoblet seg i absolutte tall siden årtusenskiftet, og at dette i hovedsak skyldes økt nettoinnflytting. Den prosentvise befolkningsveksten var på 1,31 i 2012. Sett bort i fra 2011, som så en marginalt høyere prosentvis vekst (1,33 %), er dette den høyeste veksten siden 1920 (Brunborg og Tønnesen 2013).



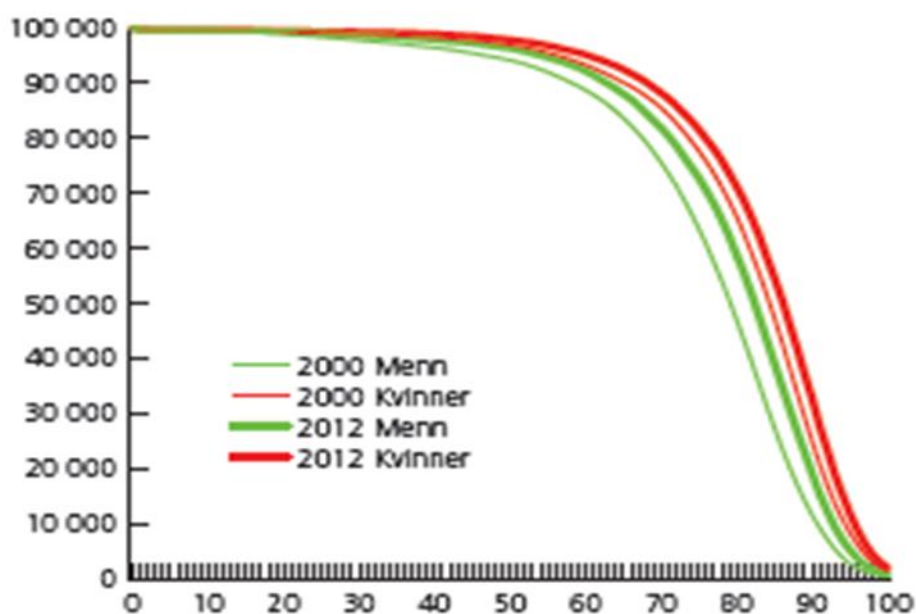
Figur 1: Folkevekst, fødselsoverskudd og netto innvandring, 1951 - 2012, Kilde: SSB e

2.1.1 Fruktbarhet

I 2012 ble det født 60 300 barn i Norge, og 42 000 mennesker døde, hvilket gir et fødselsoverskudd på 18 300. Norge hadde et samlet fruktbarhetstall, antall barn per kvinne, på 1,85 i 2012, hvilket var en liten nedgang fra 1,88 i 2011 (Brunborg og Tønnesen 2012). Samlet fruktbarhetstall har siden begynnelsen av 80-tallet holdt seg relativt stabilt mellom 1,75 og 2, altså under reproduksjonsnivået 2,07. Grunnen til at fruktbarhetstallet man anvender som reproduksjonsnivå er noe over 2 er at det fødes noe flere gutter enn jenter, samt at noen jenter dør før de har vært igjennom sin reproduktive periode (15 – 45 år). Det at det er et betydelig fødselsoverskudd på tross av at vi har fruktbarhetstall under reproduksjonsnivået er på grunn av forholdet mellom antall mennesker i reproduktiv alder og antall mennesker i aldre med høy dødelighet. Ifølge SSBs befolkningsframskrivninger forventes samlet fruktbarhetstall for kvinner i Norge å holde seg mellom 1,7 og 2,1 fram mot 2100 (1,9 i hovedalternativet) (SSB 2012 a).

2.1.2 Dødelighet

Forventet levealder ved fødselen er stadig økende i den industrialiserte delen av verden. Norge er dog ikke lenger blant de landene i Europa med høyest levealder. Kvinnene blir eldre i 8 Europeiske land, og mennene i 6. De siste årene har økningen i norske kvinners levealder stagnert, mens mennene blir stadig eldre, og dermed har forskjellen mellom kjønnene blitt mindre. I 2012 var forventet levealder ved fødselen for menn 79,42 år og for kvinner 83,41 år. Disse forventes å øke det neste århundret i SSBs middelalternativ til 90 år for menn og 93 år for kvinner i 2100(SSB 2012 a).



Figur 2: Overlevelseskurver for en hypotetisk befolkning på 100 000, 2000 - 2012, Kilde: Brunborg og Tønnesen 2013

Figuren viser overlevelseskurver for en hypotetisk befolkning på 100 000 som blir utsatt for de dødelighetsratene vi hadde i Norge i henholdsvis 2000 og 2012. Vi ser at kurvene for 2012 ligger høyere oppe, hvilket viser at en større andel av befolkningen blir eldre. Utviklingen vi ser av kurvene kalles en rektangularisering av dødelighetsmønsteret, og er typiske for et land i siste fase av den demografiske overgangen: svært lav dødelighet i ung alder fører til at svært få faller fra tidlig i livet, og overlevelseskurvene er nærmest vannrette. Dødelighetsratene vokser med økende alder for eldre over 70 år, og andelen overlevende faller raskt.

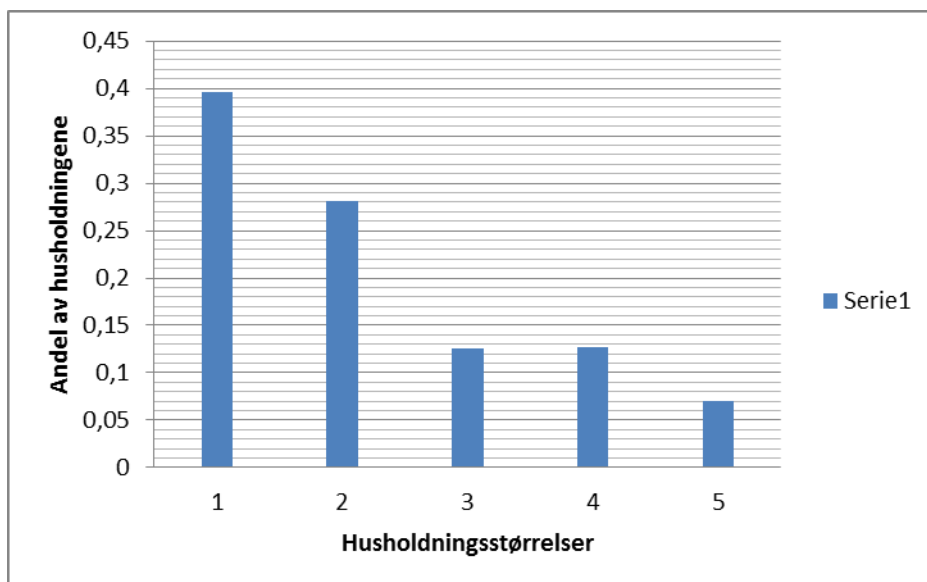
2.1.3 Innvandring

Norge har hatt positiv nettoinnvandring siden begynnelsen av 1970-tallet. Dette har naturligvis bidratt til større vekst i folkemengden enn vi ville hatt kun med naturlig vekst,

altså i et tenkt tilfelle med lukkede landegrenser. Det har imidlertid også påvirket populasjonsstrukturen, altså hvordan befolkningen er fordelt etter alder. De fleste som flytter til Norge fra utlandet er unge relativt til befolkningen for øvrig, hvilket trekker gjennomsnittsalderen i befolkningen ned. Om lag to tredjedeler av de som har flyttet hit fra utlandet de siste årene har vært i aldrene 19 – 42 år (Brunborg et al. 2012).

2.1.4 Husholdninger

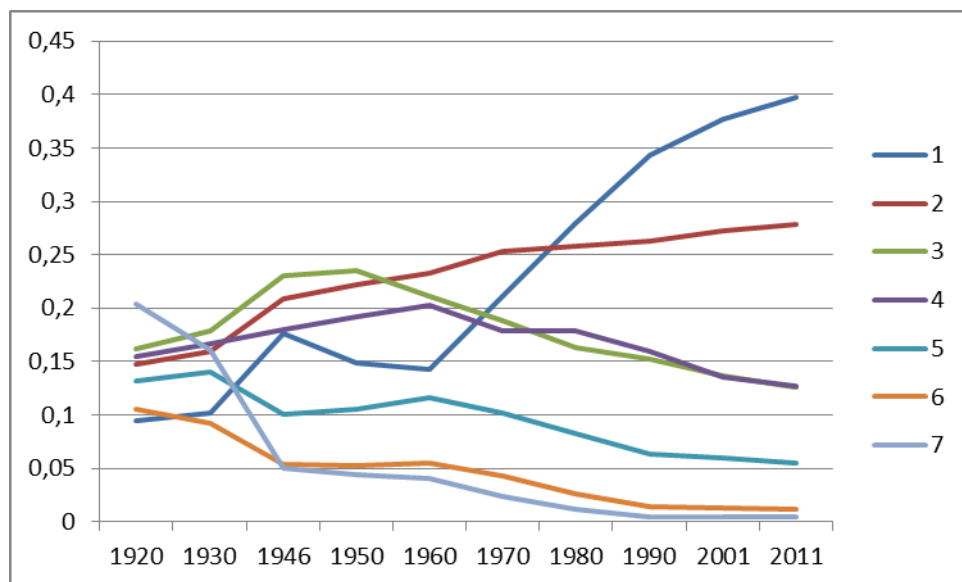
Gjennomsnittlig antall personer per privathusholdning sank betraktelig i siste halvdel av forrige århundre. I 1960 bodde det i gjennomsnitt 3,3 personer i hver husholdning. Dette tallet har sunket gradvis til 2,2 personer i 2011. Gjennomsnittlig husholdningsstørrelse har altså sunket også i perioden med relativt høy befolkningsvekst fordi veksten i antall husholdninger har vært enda sterkere. Siden 1990 har trenden flatet noe ut, selv om vi stadig beveger oss i retning av mindre husholdninger. Trenden flatet ut tidligere i Oslo enn i andre fylker, hvilket har ført til at forskjellene i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse mellom fylkene har blitt mindre. Oslo har gjennomsnittlig husholdningsstørrelse på 1,9 personer, mens de øvrige fylkene ligger mellom 2,2 og 2,4. Under folke- og boligtellingsen i 2011 var det 2 224 151 husholdninger i Norge (SSB 2012c). Disse fordelte seg på forskjellige husholdningsstørrelser som illustrert i figur 3.



Figur 3: Andel av husholdningene fordelt etter medlemmer, 2011. Kilde: SSB 2012 c

Figur 4 viser hvordan husholdningenes fordeling på husholdningsstørrelser har forandret seg siden 1920. Særlig tydelig er veksten i andelen enpersonshusholdninger siden 1960. Dette er

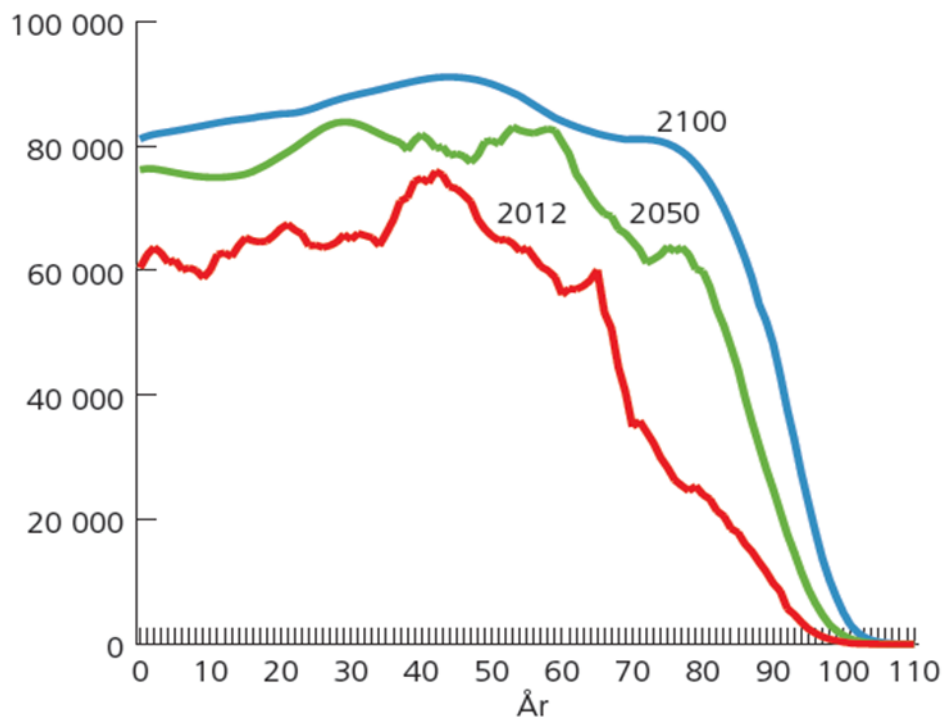
et resultat av utviklingen mot et mer moderne samfunn med økt likestilling mellom kjønnene. Innflytting til byene og en større andel som tar høyere utdanning er blant faktorene som har bidratt.



Figur 4: Andel av husholdningene i ulik størrelse, 1920 - 2011. Kilde: SSB 2013 b, tabell 05882

2.2 Befolkningsframskrivinger

I SSBs «Befolkningsframskrivinger 2012-2100: Resultater» gis det tre ulike baner, henholdsvis lav, middels og høy nasjonal vekst. Disse kurvene kan vise svært forskjellig utvikling i for eksempel folkemengde, fordi de tar utgangspunkt i ulike antagelser for framtiden. Det er naturligvis usikkerhet knyttet til fødsels- og dødsrater, men svært mye av usikkerheten er knyttet til innvandring og utvandring (Brunborg et al., 2012). En voldsom økning i nettoinnvandringen var for eksempel grunnen til at den registrerte befolkningsøkningen fram til i dag ble en god del større enn SSB sitt hovedalternativ i befolkningsframskrivningen fra 2005 (Foss, 2012). De to hovedgrunnene til at innvandringen har økt kraftig de siste 8 – 10 årene er at Norge har hatt et relativt høyt økonomisk aktivitetsnivå sammenlignet med mange andre land i den vestlige verden. I tillegg ble EU utvidet i 2004 og 2007, hvilket økte mobiliteten til Europas arbeidsstyrke, og resulterte i økt innvandring til Norge, særlig fra østeuropeiske land (Brunborg og Tønnesen, 2012). Generelt er innvandringen til et land positivt avhengig av den økonomiske aktiviteten i landet sammenlignet med resten av verden.



Figur 5: Alderssammensetning, registrert 2012 og framskrevet 2050 og 2100. Kilde: Brunborg og Tønnesen 2013

I middelalternativet til SSB, med små variasjoner i fruktbarhetstall og stadig økende levealder, vil befolkningens alderssammensetning endre seg betydelig fram mot år 2100.

Figur 5 viser registrert alderssammensetning i 2012 og framskrevet til 2050 og 2100.

Den siste tiden har «eldrebølgen» blitt et vanlig uttrykk i offentlige debatter, gjerne i forbindelse med pensjonsordninger og den offentlige forvaltningen. Uttrykket beskriver den økende andel av befolkningen som om noen år vil være over 65 – 70 år. Flere vitenskapelige artikler har påpekt at høyere alder også kan resultere i et høyere energiforbruk i hjemmene (O'Neill og Chen, 2002 og Liddle, 2010). Det er flere grunner til at vi vil se en økende andel eldre de kommende årene. For det første er de spesielt store etterkrigskullene i ferd med å bli gamle. For det andre har utviklingen i forventet levealder ved fødselen steget betydelig siden 2. verdenskrig (SSB, 2013 d). Det er sannsynligvis flere faktorer som har bidratt til denne utviklingen, som sunnere livsstil og bedre helsevesen. Forventet levealder ved fødselen for gutter og jenter utsatt for de dødelighetsratene man observerte i 2012 var henholdsvis 79,4 og 83,4 år gamle.

3 Energibruk i husholdningene

3.1 Norsk elektrisitetsproduksjon

I Norge produserte vi 127 632 GWh elektrisitet i 2011, og over 95 % av dette var fra vannkraft (SSB 2013 a). Vannkraft er en fornybar energikilde, så produksjon og forbruk av denne elektrisiteten har liten eller ingen negativ innvirkning på miljøet så snart kraftverkene er bygget ut. Energien blir utvunnet fra den potensielle energien til vann som faller som nedbør i høyereliggende strøk, renner ned i reservoarer, og så blir sluppet ned rør og driver elektrisitetsgenererende turbiner.

Det norske kraftnettet ble åpnet mot nettene i de andre nordiske landene i 1991, slik at strømprisen nå blir fastsatt på det nordiske markedet, Nordpool. Tidligere hadde strømprisen som oftest blitt fastsatt lokalt av kommuner eller fylkeskommuner, som eide kraftverkene. Tilsiget til vannmagasinene var tilstrekkelig stor til å dekke forbruket den relativt lave prisen resulterte i. Knapphet ble derfor mindre avgjørende i fastsettelsen av strømprisen, så denne var i stor grad gitt av produksjonskostnadene. Tilgang på mye og billig strøm var gjennom hele 1900-tallet viktig for utbygging av den norske industrien, da den gjorde Norge til et ideelt land til å drive kraftkrevende industri, som produksjon og foredling av kunstgjødsel, aluminium og diverse kjemiske produkter. Mye av strømmen som ble produsert i norske vannkraftverk ble brukt i denne kraftkrevende industrien, som gjennom avtaler sikret en gunstig pris per kWh.

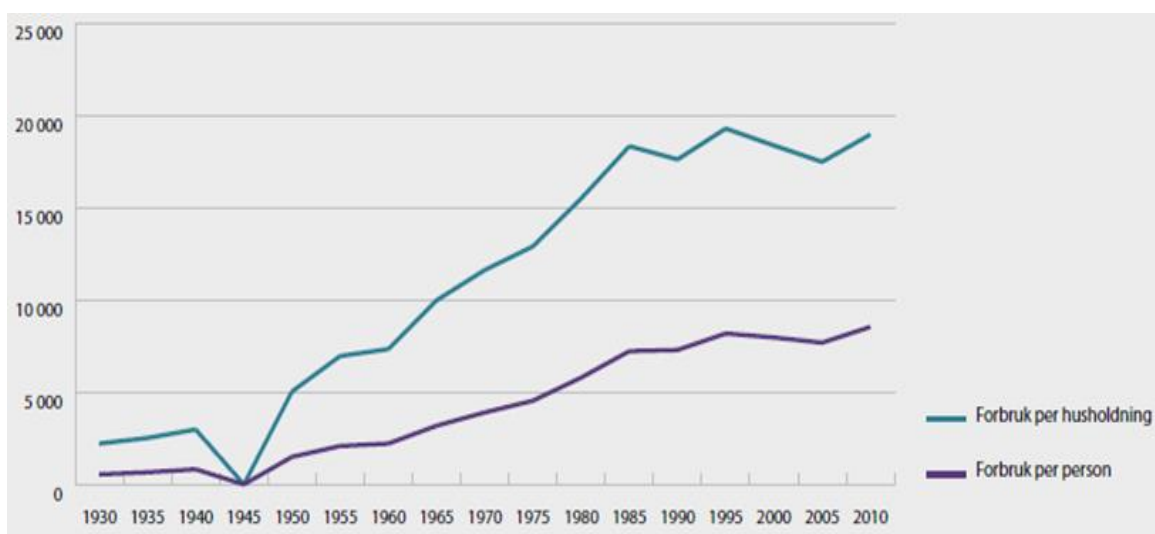
De siste årene har Nordpool blitt ytterligere knyttet sammen med det europeiske kraftmarkedet gjennom flere ledninger til andre land. Dette fører til at forskjellen i pris mellom det europeiske markedet og Nordpool blir påvirket av kapasiteten i ledningene som forbinder markedene og størrelsen på tapet forbundet med overføring av elektrisiteten (Førsund, 2007). Tapet i ledningen har sammenheng med hvor stor spenning det er på strømmen: jo større spenning, desto mindre energitap (NOU(1998:11)). Under forutsetning om at ledningskapasiteten er tilstrekkelig stor og at det er et ubetydelig tap forbundet med å overføre energi, vil elektrisitetsprisen i Norge være den samme som prisen på det europeiske markedet, da

Det finnes nå et velfungerende marked for kjøp og salg av elektrisitet både innad i Norden og til Europa forøvrig. Den økte spenningen og kapasiteten i ledningene mellom Norge og utlandet resulterer i at tapet ved overføring blir stadig mindre. Ytterligere kapasitet på ledninger til utlandet er under utvikling (Statnett, 2011, side 11). Dette legger til rette for handel.

3.2 Energiforbruk i husholdningene

Helt siden de første norske husholdningene fikk tilgang på strøm til glødelamper på slutten av 1800-tallet (SSB, 2000) har forbruket av elektrisitet steget. Først bygget kommuner og fylkeskommuner ut vassdrag for å kunne bygge ut gatebelysning i byene. Hammerfest var først ute med gatebelysning da de ble tent 5. februar 1891. Neste steg var å levere elektrisitet til glødelamper i boliger og forretningsbygg. I begynnelsen var det flere små «kraftverk» som produserte elektrisitet til et bygg eller kvartal. Disse fikk snart konkurranse av private og kommunale initiativ som tok sikte på å kunne forsyne større områder med strøm (SSB, 2000).

Forbruk av elektrisitet i husholdningene fordrer at husholdningen er koblet til strømmettet. Disse nettene ble gradvis bygget ut fra 1910, og i 1938 hadde ca. 75 % av innbyggerne tilgang på strøm. Denne andelen økte så til 84 % i 1949 og var nær 100 % i 1960. Strømmettet ble naturlig nok først bygget ut i de områdene av landet med høyest befolkningstetthet. I Oslo, Bergen og Stavanger hadde alle tilgang på strøm allerede i 1938 (Bøeng, 2005).

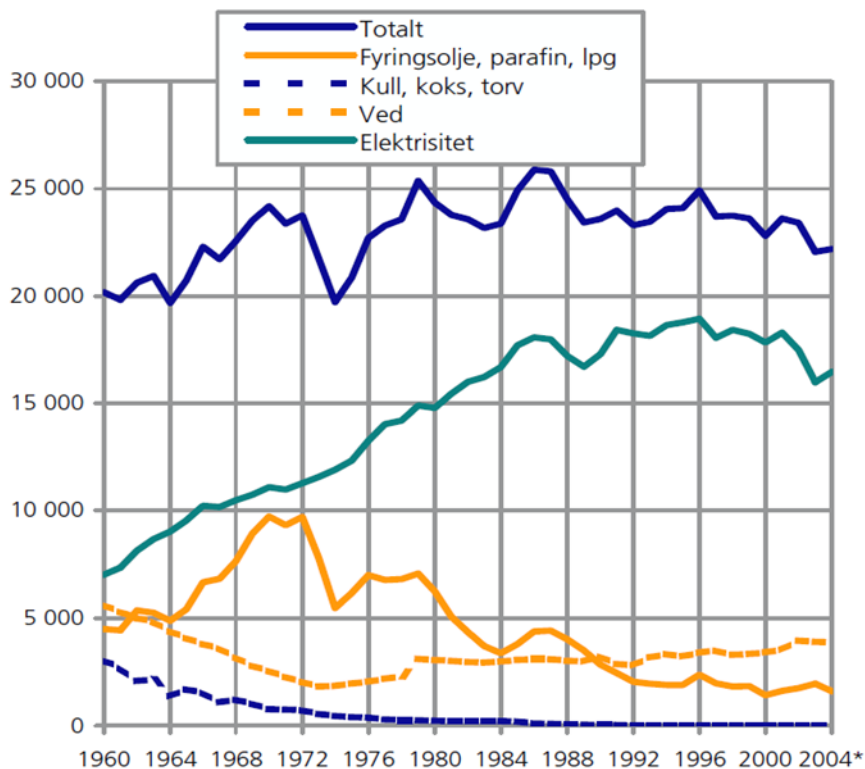


Figur 6: Elektrisitetsforbruk per husholdning og per person, KWh, 1930 - 2010. Kilde: Olje- og energidepartementet (2013)

Elektrisitet ble lenge kun brukt til belysning. Kull, koks, olje og ved ble brukt til matlaging og oppvarming av boligene. Det var også bygget ut forsyningsnettverk for gass, blant annet i Oslo. Bruken av elektrisitet til oppvarming fikk et oppsving før 2. verdenskrig fordi prisene på kull, olje og koks skjøt i været. Under krigen var det imidlertid rasjonering på strøm, og etter krigen prioriterte man å bruke mye av den tilgjengelige elektrisiteten i blant annet treforedling og kraftkrevende industri. Dermed var det begrenset hvor mye elektrisitet som ble gjort tilgjengelig for de private husholdningene. Da denne rasjoneringen tok slutt på midten av 1950-tallet økte salget av panelovner sterkt, og elektrisitetsandelen av husholdningenes totale energibruk likeså. I 1960 var 35 % av energibruken i husholdningene elektrisitet. I 1991 hadde denne andelen steget til 77 %, og den har ligget noenlunde stabilt på dette nivået siden (Bøeng, 2005).

Tilgangen til billig elektrisitet fra vannkraft har påvirket forbruksmønsteret i norske husholdninger. Nordmenn har vært, og er, mindre opptatt av å spare på elektrisiteten enn folk i industrialiserte land forøvrig. I de fleste andre land er man nøye med å skru av lyset og varmen i de rommene i huset man ikke oppholder seg i, og det er utstrakt bruk av automatiske systemer som selv skruer seg av etter en viss tid eller om det ikke oppholder seg noen i rommet. Norske husholdninger har på grunn av lavere strømpris hatt mindre insentiv for strømsparing. Man har i stadig økende grad brukt elektrisitet også til oppvarming (Bøeng, 2005).

Utviklingen i husholdningenes elektrisitetsforbruk og totale energiforbruk de siste 50 årene har sammenfalt med store demografiske og økonomiske endringer i Norge. På grunn av at gjennomsnittshusholdningen i denne perioden har blitt stadig mindre, har energiforbruket per person hatt en større prosentvis vekst enn forbruket per husholdning. Dette er fordi større husholdninger er mer energieffektive enn mindre (O'Neill og Chen, 2002 og Bøeng, 2005). Det har også vært en sterk vekst i produktiviteten (målt som BNP per innbygger) i Norge i dette tidsrommet (2012 f). Det er rimelig å anta at en større disponibel inntekt vil føre til et økt forbruk av energi i husholdningene. Aldersfordelingen i den norske befolkningen er i ferd med å skifte tyngdepunkt mot å bli eldre, og noe av samvariasjonen mellom alder og elektrisitetsforbruk per person i husholdningene antas å ha sammenheng med at nettoinntekten stiger med alderen.



Figur 7: Energibærere i husholdningene, KWh, 1960 - 2004. Kilde: Bøeng 2005

3.2.1 Energibærere

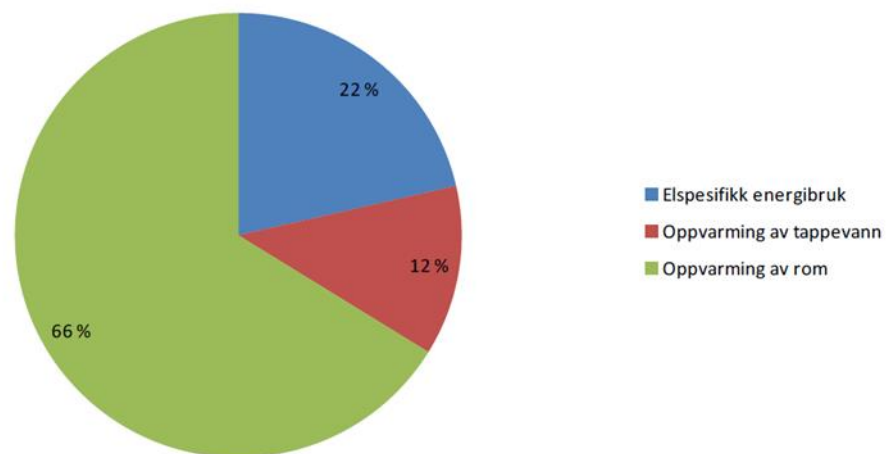
En energibærer er et medium for overføring og/eller oppbevaring av energi. Som beskrevet har det vært relativt store endringer de siste 50 årene i hvilke energibærere som brukes i husholdningene. I 2009 stod elektrisitet for 78 % av energibruken, og ved for omtrent 17 % (SSB, 2011 a). Elektrisitetens andel av forbruket har endret seg fra å ha vært ca. 35 % i 1960, til å ha ligget over 70 % siden midten av 1980-tallet (Bøeng, 2005). Siden har veksten i elektrisitetsandelen flatet ut. Overgangen til elektrisitet som primær energibærer til oppvarming for mange husholdninger har økt effektiviteten av tilført energi, da elektriske panelovner har en virkningsgrad på 100 %, mens forbrenningsovner for olje, kull og ved typisk har virkningsgrad på 65 – 80 %. Forbruket av olje sank med 46 % fra 2004 til 2009, og er den energibæreren som er mest synkende i popularitet (SSB, 2011 a)

Andelen boliger som ikke har tilgang på andre energibærere enn elektrisitet har økt. NBBL skrev i sin rapport av 2011 at andelen var 26,5 %. Disse husholdningene er naturligvis mest utsatt for store prisendringer dersom det skulle komme år med sen snøsmelting og lite nedbør etterfulgt av en kald vinter. Andre husholdninger kunne ha vridt forbruket sitt vekk fra elektrisitet ved å fyre mer med ved, fyringsolje eller andre energibærere, hvilket ville ha

dempet kostnadsøkningen. Økningen i antall husholdninger som kun har tilgang på elektrisitet til oppvarming gjør selvsagt også konsekvensene av en eventuell svikt i strømforsyningen mye større.

3.2.2 Hva påvirker husholdningenes elektrisitetsforbruk?

For å si noe fornuftig om hva som påvirker husholdningenes elektrisitetsforbruk må vi vite hva elektrisiteten brukes på. Figur 5 viser anvendelsen av tilført energi (alle energibærere) i norske husholdninger. Norges Vassdrags- og Energidirektorats (NVE) beregnede fordeling er basert på et utvalg nordiske studier.

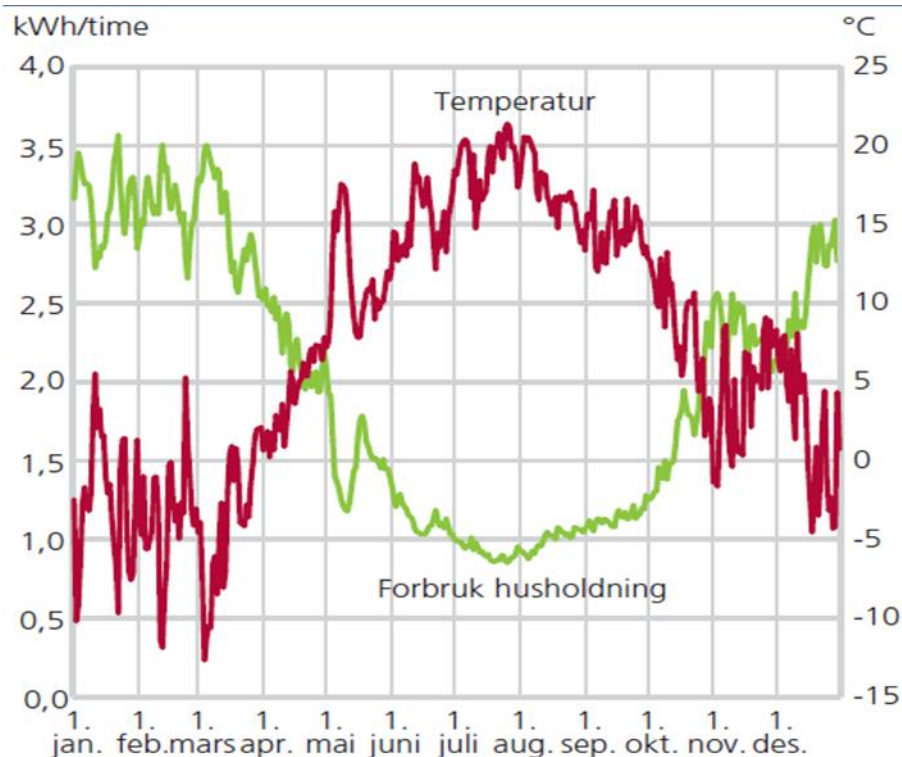


Figur 8: Energiforbruk i husholdningene, etter anvendelse. Kilde: NVE 2012

Temperatur

66 % av energiforbruket i husholdningene, og dermed også en stor andel av elektrisiteten, går til oppvarming. Det er naturlig å tro at utetemperaturen spiller en betydelig rolle for hvor mye man bruker av elektrisitet og andre energibærere. Da andelen av energien som brukes til oppvarming forventes å være større jo kaldere det blir, og andre energibærere enn elektrisitet kun brukes i denne sektoren av anvendelsesdiagrammet, vil mengden etterspurt elektrisitet øke mindre enn økningen i etterspurt energimengde totalt.

Figur 9 viser den sterke negative korrelasjonen mellom gjennomsnittlig døgntemperatur og gjennomsnittlig døgnsforbruk for Skagerak Nett sine kunder i 2006. Korrelasjonen ble i Bente Halvorsens artikkel fra 2012 estimert til å være -0,97 for dette utvalget.



Figur 9: Husholdningenes gjennomsnittlige elektrisitetsforbruk og temperatur per døgn for kundene i 2006. Kilde: Halvorsen 2012

Pris

Som nevnt handles elektrisiteten som til slutt blant annet blir levert til de norske husholdningene på kraftmarkedet Nord Pool. Siden kraftmarkedet ble deregulert i 1991 har prisen norske sluttforbrukere må betale for elektrisiteten blant annet vært en funksjon av prisen i spotmarkedet. Denne har i stadig økende grad har vært knyttet sammen med kraftmarkedene, og dermed prisen, i andre nordiske land og det kontinentale Europa. En konsekvens av dette er at prisen norske husholdninger har måttet betale har økt, da produksjonskostnaden på den marginale elektrisiteten nå i større grad bestemmes av kostnadene ved kullkraftverk, som er vesentlig høyere enn ved vannkraftverk. Prisen i et marked med produksjon fra vannkraft vil blant annet være påvirket av hvor mye vann det er i magasinene og hvor mye nedbør man forventer i framtiden (Førsund, 2007). Dette vil igjen naturlig nok være et resultat av nedbørsmengde og snøsmelting.

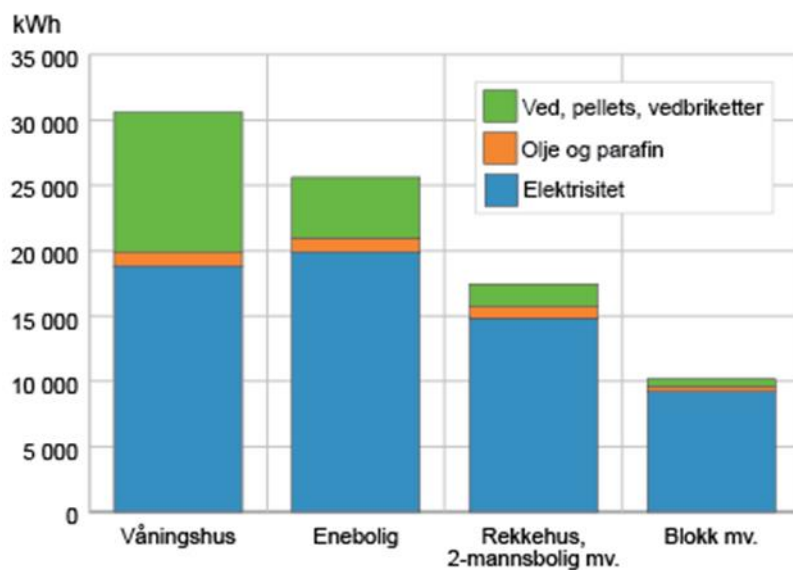
Den prisen private husholdninger i Norge betaler for elektrisitet er summen av prisen for den elektrisiteten de bruker, som betales til kraftleverandøren, og nettleien, som eier av strømmettet skal ha. Nettleien er igjen delt opp i variable kostnader per KWh kunden bruker, og faste kostnader, som blant annet skal dekke nettselskapets kostnader til måling og

fakturerings (NVE). Da denne faste delen av nettleien er lik for alle kundene i et nettselskaps forsyningsområde, er den en kilde til stordriftsfordel for større husholdninger fordi de er flere personer til å dele på kostnaden.

Om vi antar at elektrisitet er et normalt gode for husholdningene, vil etterspurt mengde være lavere om prisen stiger, alt annet likt. Høy elektrisitetspris er imidlertid også nært knyttet til temperatur. Det er også et lokalt element i handelen med elektrisitet, da det er tap på ledninger i nettet. Dermed vil det kunne være forskjeller i pris mellom landsdelene i Norge. I artikkelen til Bente Halvorsen (2012) estimerer hun også den kortsiktige priselastisiteten, hvor mye forbruket endres ved en én prosents endring i prisen på spotmarkedet, til å være liten, rundt 0,5 promille. På lengre sikt er det rimelig å anta at prisene på elektrisitet og andre energibærere vil gi større utslag i etterspørselen etter disse, da husholdningene vil respondere på varige endringer i prisene ved å endre forbruksmønsteret. En høyere elektrisitetspris vil gjøre det mer gunstig å bruke mer av andre energibærere og/eller gå til anskaffelse av nytt utstyr, som for eksempel varmepumpe.

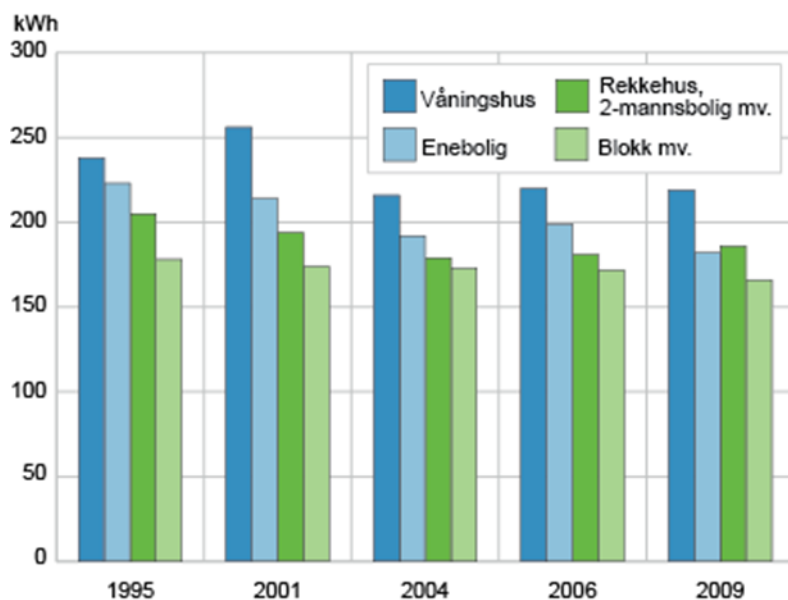
Boligtype

Det er flere aspekter ved en bolig som i seg selv påvirker energiforbruket. Da så mye som 66 % av husholdningenes energiforbruk går til oppvarming har det mye å si hvor stor boligen er. Figur 10 viser at det er betydelige forskjeller på energiforbruket i de forskjellige boligtypene. Vi ser også store forskjeller i hvilke energibærere som brukes i de forskjellige kategoriene. Det er naturlig å anta at de fleste av boligene som ikke har tilgang på andre energibærere enn elektrisitet er blokkleiligheter og rekkehus/tomannsbolig.



Figur 10: Energibruk per husholdning etter boligtype og energibærer, kWh, 2009. Kilde: SSB 2011 a

Denne figuren tar imidlertid ikke hensyn til at det er stor forskjell på gjennomsnittlig boligareal i de fire kategoriene. I figur 11 er gjennomsnittlig energiforbruk per kvadratmeter i de samme fire boligkategoriene i fem utvalgte år presentert. Forskjellen mellom boligkategoriene blir betydelig mindre når man tar hensyn til boligareal.



Figur 11: Energibruk per husholdning per kvadratmeter, 1995 - 2009. Kilde: SSB 2011 a

Det går også frem av figuren at husholdningenes energiforbruk per boligareal har sunket de siste 20 årene. Dette er interessant, da utflatingen og nedgangen i husholdningenes energiforbruk siden midten av 80 – tallet gjerne blir forklart med at økningen i antall

kvadratmeter boligareal per person har avtatt. Som vi ser av figuren må denne utviklingen også ha andre forklaringer.

En sannsynlig kandidat er isolasjon, da vi vet at nye boliger har blitt stadig bedre isolert de siste 20 – 30 årene. Det har også blitt mer vanlig å etterisolere eldre boliger. Bedre isolasjon vil virke direkte inn på mengden energi som må til for å holde den samme innnetemperaturen. Dette vil redusere energibehovet til oppvarming. Da det er i denne sektoren av anvendelsesdiagrammet i figur 8 vi har forbruket av andre energibærere, er dette isolert sett noe som taler for at elektrisitetens andel av energibehovet skulle ha økt. Som nevnt har nivået imidlertid ligget ganske stabilt på 77 – 78 %. Av forhold som kan ha veiet opp for bedre isolering, og ført til at norske boliger har blitt mer energieffektive, er effektivisering av diverse elektriske apparater, slik at de bruker mindre strøm enn tidligere.

Varmepumpe

Et annet energieffektiviserende tiltak mange husholdninger har gjort er å installere varmepumpe. De siste 10 – 15 årene har høye strømpriser enkelte år bidratt til å gi bedre insentiver til å spare strøm. I dag har ca. 25 % av husholdningene installert varmepumpe. «Varmepumper drives med strøm, men benytter i tillegg omgivelsesvarme til å danne varme. Den energien man får igjen som varme er dermed større enn energien varmepumpen bruker av strøm» (Halvorsen og Larsen, 2013). Alt annet likt vil derfor bruk av varmepumpe som substitutt for panelovner gjøre oppvarmingen av en bolig ved bruk av elektrisitet billigere og mer effektiv. Dermed skulle man tro at denne voldsomme økningen i andelen husholdninger som har varmepumpe ville føre til at husholdningene brukte mindre elektrisitet. Ved analyse av data fra forbruksundersøkelsen 2009 har det imidlertid vist seg at husholdninger med og uten varmepumpe bruker like mye strøm, alt annet likt. Artikkelforfatterne mener dette er fordi besparelsen ved varmepumpe spises opp ved en vridning mot elektrisitet som oppvarmingskilde (som blir billigere sammenlignet med andre energibærere) og at man har en noe høyere innnetemperatur (økt komfort). Det ser likevel ut som at det å ha varmepumpe fører til et lavere totalt energiforbruk i husholdningen. (SSB 2011 a, Halvorsen og Larsen 2013).

3.2.3 Demografiske forhold

Et av hovedmålene med denne oppgaven er å finne ut i hvilken grad antall personer i en husholdning påvirker elektrisitetsforbruket per person. Flere artikler har tatt for seg dette temaet, og funnet en negativ sammenheng, altså at husholdninger med flere medlemmer bruker mindre energi per person. O'Neill og Chen (2002) fant denne effekten i amerikanske husholdningers totale energiforbruk, hvilket vil bli grundigere redegjort for senere.

Det er også studier som har funnet ut at husholdningsstørrelse har stor betydning for elektrisitetsforbruket. I «The Royal commission on environmental pollution» sin rapport «Demographic change and the environment» er det en tabell som viser elektrisitetsforbruket i forskjellige husholdningsstørrelser sett i forhold til husholdninger med kun én person.

Number of people in the household	Comparative resource use and waste generation per household where 1.0 represents consumption/generation per capita of a one-person household.			
	Water use	Waste generation	Electricity use	Gas use
1	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.6	1.9	1.4	1.3
3	2.1	2.4	1.6	1.4
4	2.6	2.5	1.8	1.6
5	3.1	2.7	1.9	1.7
6	3.7	2.8	–	–

Tabell 1: Normalisert elektrisitetsforbruk etter husholdningsstørrelse. Kilde: The Royal Commission on Environmental Pollution (2011)

Tabell 1 viser hvordan større husholdninger i gjennomsnitt bruker noe mer elektrisitet enn enpersonshusholdninger, men vesentlig mindre per person. Det er spesielt spennende å se en så tydelig effekt fordi denne tabellen baserer seg på data fra London Housing Strategy, og dermed kun har respondenter fra et urbant område. På grunn av at man i og rundt London bor tettere, og i mer energieffektive boligtyper, er det naturlig at en mindre andel av energien brukes på oppvarming enn i husholdningene forøvrig. Dette tyder på at det er stordriftsfordeler også knyttet til bruken av energi til andre formål enn oppvarming. Tallene i tabellen er kun en normalisering av gjennomsnittstall, så det tas ikke hensyn til andre faktorer som påvirker en husholdnings elektrisitetsforbruk. I analysen i denne oppgaven kontrolleres

det for andre størrelser det er naturlig å tro har sammenheng med elektrisitetsforbruket per person, og funnene vil sammenlignes med tallene presentert i tabellen med dette i tankene.

At større husholdninger er mer energieffektive føles intuitivt riktig. Hva angår oppvarming er det ikke noe ytterligere energi som kreves om det bor to i en bolig istedenfor én. Man har også gjerne ett kjøleskap, én TV, og lager én middag om dagen. Samtidig er det noen anvendelser som vil øke med antall beboere, da man for eksempel vil dusje mer.

4 Litteratur og empiri

Flere forskere har sett på demografiske faktorerers innvirkning på private husholdningers energiforbruk. I de fleste av disse artiklene er hovedformålet med undersøkelsene å finne mer nøyaktige estimer for hvor store utslipp av klimagasser som er forbundet med denne energibruken. Dette estimeres ved å se på hvordan husholdningenes energibruk varierer med for eksempel husholdningsstørrelse, for så å regne ut hvor store utslipp denne energibruken impliserer, gitt tall for de ulike energibærernes andel av energibruken og utslipp forbundet med dette.

I Norge er ikke husholdningenes energibruk like nært knyttet til utslipp som i de fleste andre land. Grunnen til dette er at vi har hatt stor tilgang på elektrisitet fra vannkraft, som er en fornybar energikilde som ikke er forbundet med utslipp av gasser som er skadelige for miljøet. Stor elektrisitetsproduksjon fra vannkraft har resultert i at strømprisene har vært relativt lave, og elektrisitet har blitt en stadig viktigere energibærer for norske husholdninger. De siste tilgjengelige tallene fra SSB er fra 2009, da elektrisitet stod for i overkant av 77 % av husholdningenes totale energiforbruk (SSB 2011 a, tabell 1). Det at denne andelen er såpass stor i Norge, gjør resultatene i flere av artiklene sammenlignbare med mine resultater selv om de ser på total energibruk.

Energibruk, og utslipp i forbindelse med dette, har tradisjonelt blitt beregnet med total folkemengde som den eneste demografiske faktoren. Flere har påpekt svakheter ved bruk av denne sammenhengen, og flere forbedringer har blitt foreslått og undersøkt.

O'Neill og Chen (2002) prøver i sin artikkel å dokumentere effekten av demografiske faktorer på amerikanske husholdningers energiforbruk. I analysen bruker de tall fra Residential Energy Consumption Survey, en undersøkelse som omhandler energibruk i rundt 7 000 hjem over hele USA. Av demografiske forhold konsentrerer de seg hovedsakelig om husholdningsstørrelse, alder og husholdningssammensetning (antall barn og voksne). De gjør tilsvarende beregninger for energibruk i forbindelse med transport, men det er ikke av interesse for denne oppgaven. I artikkelen angis energiforbruk som energiforbruk per person, hvilket er i tråd med min analyse. Uten at det gjøres beregninger for dette i artikkelen, antydes det også at andre elementer, som livsstil og urbanisering, kan ha innflytelse på

energiforbruket. Effekten av urbanisering adresseres til en viss grad i denne oppgaven gjennom at betydningen av hustype og landsdel analyseres i modellen.

Hva angår husholdningsstørrelse får de det resultatet at boligrelatert energiforbruk per person synker med antall personer i husholdningen. De finner 17 % lavere energibruk per person i topersonshusholdninger og mer enn en tredel lavere i trepersonshusholdninger, sammenlignet med enpersonshusholdninger. Disse tallene gjelder totalt for både transport og i boligen. Ser vi på effekten på energibruk i boligen isolert sett blir utslaget betydelig større. Her er forbruket per person ca. 30 % lavere i to-, og 50 % lavere i trepersonshusholdningene sammenlignet med enpersonshusholdningene (O'Neill og Chen, 2002).

Forfatterne undersøker om dette kan ha andre årsaker enn stordriftsfordeler i bruken av energi ved å kontrollere for andre særtrekk ved husholdningene, som inntekt, alder og tilstedeværelsen av barn. Med inntekt mener man i artikkelen inntekt per person, hvilket har klar negativ korrelasjon med antall personer i husholdningen. Flere personer i husholdningen medfører gjerne tilstedeværelse av barn, hvilket naturlig nok trekker ned inntekt per person. Da total inntekt for en husholdning generelt er positivt korrelert med energibruk, kan dette være en bidragende faktor til resultatet. Tilstedeværelse av barn kan i seg selv ha en direkte effekt på total energibruk, da barn bruker mindre energi enn voksne. Alder er også en faktor det må kontrolleres for, da det gir et signal om hvor i livet man befinner seg. Alder kan dermed også forklare en del av resultatet fordi mindre husholdninger er vanligere for eldre mennesker, og husholdninger med flest medlemmer typisk har en hovedperson(householder) rundt 30 – 40 år. Artikkelforfatterne finner at alle disse tre trekkene ved en husholdning spiller inn på effekten av husholdningsstørrelse på energibruk i boligen. Selv etter å ha kontrollert for dem finner de en betydelig gjenværende effekt, som kan tilskrives stordriftsfordeler.

I artikkelen behandles også alder separat, og forfatterne finner at energibruk i hjemmet stiger konsistent (om enn ikke lineært) fra 17 til 85 år.

Ved å sammenligne energibruk i 1960 og 1993-94 finner O'Neill og Chen (2002) at befolkningens fordeling etter husholdningsstørrelse har hatt betydelig innvirkning på energibruken i amerikanske husholdninger i dette tidsrommet. Deres resultater er generelt i tråd med mine forventninger til analysen av elektrisitetsforbruk som rapportert i forbruksundersøkelsene for Norge fra 2007 og 2009.

Ironmonger et al. (1995) studerer også effekten av husholdningsstørrelse på energibruk. Artikkelen omhandler kun husholdninger uten barn, og ekskluderer energibruk til transport. Forfatterne finner at aleneboende bruker 30 % mer energi enn personer som bor to sammen. Det som gjør artikkelen spesielt interessant for denne oppgaven er at data for beløp brukt på energi også analyseres. Her finner forfatterne en enda større stordriftsfordel ved å bo to sammen, da aleneboende hadde hele 40 % høyere utgifter til energi. Omregnet til tall som er enkle å sammenligne med funnene til O'Neill og Chen (2002) og beregningene i denne oppgaven, betyr dette at voksne personer som bor to sammen bruker 23 % mindre energi per person enn aleneboende, og betaler hele 29 % mindre. Forskjellen på stordriftsfordelene i energibruk og utgifter til energi forklares i artikkelen med at det er faste kostnader forbundet med å være knyttet til gass- og elektrisitetsnett. Aleneboende må bære hele denne byrden, mens personer som bor flere sammen deler på den. Dette er også tilfellet for forbrukere av elektrisitet i Norge, da en del av utgiftene til nettleie er faste, altså uavhengig av forbruket.

En annen artikkel som ser på betydningen av befolkningers sammensetning over alder og husholdningsstørrelse er en artikkel Brantley Liddle publiserte i *Demographic Research* i 2011. I likhet med O'Neill og Chen (2002) er hensikten med hans undersøkelse å finne miljøeffektene av privat energibruk, og artikkelen inneholder derfor tall for utslipp fra transport i tillegg til elektrisitetsforbruk i hjemmet. Analysen inkluderer hvordan energi- og elektrisitetsforbruket henger sammen med aldersstruktur og økonomisk aktivitet i befolkningen, hvilket gjør den relevant for problemstillingen i denne oppgaven.

Datagrunnlaget i artikkelen er en tidsserie av makrotall fra tverrsnittsundersøkelser fra 22 OECD land i tidsrommet 1960 – 2007.

Liddle (2011) finner at elektrisitetsforbruket i hjemmet har økt til mer enn det dobbelte av hva det var i 1971. Husholdningenes totale energiforbruk har i samme periode ikke endret seg nevneverdig. Det kan være på grunn av at elektrisitet har en virkningsgrad på 100 %, altså at man kan nyttiggjøre seg av all energien, mens andre energibærere typisk har en virkningsgrad mellom ca. 65 % (ved) og 80 % (nyere oljebrennere). Dermed vil mengden tilført energi synke ved en økende andel elektrisitet av en gitt anvendt mengde, som har vært tilfelle i denne perioden. Andre forklaringer på denne sammenhengen kan være at boliger blir stadig bedre isolert, og at urbaniseringen fører til at flere bor i blokkleiligheter, som er mer energieffektive.

Videre forteller artikkelen om i hvilken grad aldersstrukturen i befolkningen påvirker husholdningenes elektrisitetsforbruk. Den voksne befolkningen deles inn i fire aldersgrupper; 20-34, 35-49, 50-69 og 70+. Befolkningen for øvrig (19 år og yngre) består stort sett av barn som bor med sine foreldre, og inkluderes i foreldrenes aldersgruppe. De fire aldersgruppene er her tenkt å fange opp effekter fra husholdningsstørrelse (da de yngste og eldste typisk bor i mindre husholdninger enn mennesker i de to aldersgruppene i midten) og velstand (man har gjerne høyere inntekt senere i livet). Totalt for de 22 OECD landene finner Liddle (2011) at alderens innflytelse på elektrisitetsforbruket i husholdningene er positiv for den yngste og den eldste aldersgruppen, og negativ for de to aldersgruppene i midten. Her blir det altså implisitt påvist en effekt av husholdningsstørrelse, da det er avgjørende for de negative koeffisientene til aldersgruppene 35 – 49 og 50 – 69 at barna regnes i foreldrenes aldersgruppe slik at disse bruker mindre elektrisitet per person.

Artikkelen avsluttes med at resultatene fra de statistiske modellene sammenstilles med enkle prognoser for befolkningsutvikling (og fordeling på de fire aldersgruppene) og BNP-vekst for å kunne framskrive elektrisitetsforbruket til år 2050. Hovedresultatet i denne delen av analysen er at endringer i befolkningens fordeling over aldersgruppene vil føre til en brattere økning i husholdningenes elektrisitetsforbruk enn hva som blir resultatet om man ikke tar hensyn til aldersstrukturer. Da framskrivningen av befolkningen innebærer en større andel i spesielt den høyeste aldersgruppen, 70+, underbygger dette min hypotese om at husholdninger med færre medlemmer bruker mer elektrisitet per person i hjemmet.

MacKellar et al. (1995) tar utgangspunkt i I=PAT modellen for energibruks innvirkning på miljøet, og argumenterer for bruk av antall husholdninger, heller enn antall personer, som den demografiske faktoren i regnestykket. Forfatterne skiller mellom mer og mindre utviklede deler av verden, da det var og er stor forskjell både i inntekt (BNP) og demografiske forhold, og ser spesielt på i hvor stor grad de ulike faktorene forklarer den økte energibruken fra 1970 til 1990. De finner at forskjellen på å bruke antall personer og antall husholdninger ikke fører til at forklaringen på den økte energibruken endrer seg for de mindre utviklede landene. For de mer utviklede landene derimot er forskjellen på de to modellene stor. I=PAT modellen gir at befolkningsøkningen forklarer én tredjedel, og at endringen i inntekt per person og teknologi de resterende to tredjedelene. Regner man derimot om tallene til antall husholdninger og inntekt per husholdning, gir modellen at hele 76 % av endringen i energibruk er forklart av veksten i antall husholdninger.

5 Data, Metode, Modell

5.1 Data

For å belyse problemstillingen har jeg fått tak i et datasett som inneholder de variablene som er brukt i artiklene som er nevnt under tidligere forskning. Datasettene jeg bruker er SSB sine forbruksundersøkelser fra 2007 og 2009. Disse settene har blitt tilrettelagt og gjort tilgjengelige av Norsk Samfunnsvitenskapelig Datatjeneste (NSD). Forbruksundersøkelsen er en spørreundersøkelse SSB har laget årlig siden 1973, og 2009 er den nyeste undersøkelsen som er gjort tilgjengelig gjennom NSD. Settene inneholder alle slags variable som har å gjøre med privat forbruk, og jeg har trukket ut de variablene som er relevante for min problemstilling. Til en viss grad har jeg valgt ut og ordnet variable slik at det skal bli lettere å sammenligne mine resultater med resultatene til O'Neill og Chen (2002) og Isdahl (2011).

5.2 Metode

Jeg vil undersøke effekten av demografiske variable på norske husholdningers elektrisitetsforbruk ved hjelp av en regresjonsligning. Regresjonsanalysen tar utgangspunkt i en økonometrisk modell, og forklarer samvariasjonen mellom variablene empirisk. Slik vil jeg kunne si i hvilken grad, og hvor mye, forklaringsvariablene jeg har valgt ut forklarer variasjonen i den avhengige variabelen. Regresjonene har jeg gjennomført i dataanalyseprogrammet STATA.

Jeg analyserer datasettene i to steg. Først kjører jeg regresjonen for de to datasettene hver for seg. Deretter slår jeg dem sammen til ett datasett, og kjører regresjonen en gang til. Ved å doble antall observasjoner vil jeg kunne få noen signifikante resultater som ikke er signifikante i datasettene hver for seg. Det å slå sammen datasett fra to forskjellige år fordrer introduksjon av en eller flere nye variable, hvilket vil bli nærmere redegjort for i forbindelse med spesifisering av denne modellen.

Første del av mitt empiriske arbeid var å forsøke å gjenskape modellen Hanne Isdahl brukte i sin masteroppgave våren 2011. Hun hadde data fra forbruksundersøkelsen 2007. Her var jeg forberedt på at mine resultater ville avvike noe fra hennes, blant annet fordi hun gjorde analysen i SPSS, mens jeg brukte STATA. Det viste seg imidlertid vanskelig å gjenskape

hennes resultater, altså å få koeffisienter i nærheten av de hun fikk i sine resultater. Årsaken til dette er nok hovedsakelig å finne i landsdelsvariabelen, da hun skriver i sin oppgave at det er fem landsdeler, mens det i virkeligheten er syv. Jeg har forsøkt på utallige måter å gjenskape hennes resultater, men det synes umulig å få resultater som ligner på det hun fikk.

Som avhengig variabel, den variabelen som skal forklares, har jeg valgt elektrisitetsforbruk per person målt i kroner, i logaritmisk form. Ved å representere den avhengige variabelen på denne måten vil resultatene kunne forklare den relative endringen i den avhengige variabelen som er resultat av endring i de respektive lineære forklaringsvariablene. Det blir også rett frem å sammenligne resultatene med resultatene i artikkelen til O'Neill og Chen og i masteroppgaven til Hanne Isdahl.

De uavhengige variablene jeg har valgt er husholdningsstørrelse (antall personer i husholdningen), boligareal, alder på hovedperson, antall barn mellom 7 og 20 år, antall voksne, inntekt, hustype, landsdel, og beløp brukt på gass og fyringsolje.

Husholdningene i datasettene hadde fra ett til 9 medlemmer. Da jeg ikke forventer en loglineær sammenheng mellom elektrisitetsforbruk per person og antall personer i husholdningen, har jeg generert dummyvariable for de respektive husholdningsstørrelsene. Jeg har samlet husholdningene med 7 eller flere medlemmer i kategorien 7 fordi det var svært få forekomster av disse verdiene. Det er nødvendig med dummyvariable for husholdningsstørrelse fordi jeg ikke forventer at strømforbruket per person har samme prosentvise endring mellom for eksempel en- og topersonshusholdning som for eksempel mellom fem- og sekspersonshusholdninger. Det virker intuitivt riktig å ikke forvente en lineær sammenheng her, da en relativt stor andel av elektrisiteten brukes til oppvarming, og boligarealet ikke øker proporsjonalt med antall husholdningsmedlemmer. Dette støttes av resultatene i artikkelen til O'Neill og Chen (2002). Enpersonshusholdning er valgt som referansekategori, slik at koeffisientene til dummyvariablene for større husholdninger vil vise det typiske avviket en husholdning av den indikerte størrelsen har fra en enpersonshusholdning, alt annet likt.

Variabelen alder på hovedperson er tatt med fordi det er påvist en sammenheng mellom alder og energibruk i flere av artiklene jeg refererer til. Det er derfor rimelig å anta at alder kan ha en signifikant effekt på forbruksmønsteret i husholdningene. Variabelen er i datasettet mitt definert som alder på den eldste personen i husholdningen.

Av samme grunn har jeg tatt med antall voksne som kontrollvariabel. Variabelen definerer en voksen som en person over 20 år, og er generert ved å trekke antall barn under 20 år fra antall personer i husholdningen. Antall barn mellom 7 og 20 år er med som kontrollvariabel. For lik husholdningsstørrelse blir energiforbruket noe større for husholdninger med flere voksne (og tilsvarende færre barn)(O'Neill og Chen 2002).

Husholdningenes samlede nettoinntekt(inntekt etter skatt, disponibel inntekt) er tatt med som en indikator på husholdningens økonomiske aktivitet. Denne variabelen antas å ha en positiv sammenheng med strømforbruk per person. Jo høyere inntekten i en husholdning er, desto mindre kan vi forvente at man vil spare på strøm og annet energiforbruk. En husholdning med høyere nettoinntekt kan også forventes å være mindre prisbevisst, og dermed i mindre grad skifte til andre energikilder/energibærere om strømprisen skulle stige. Nettoinntekt er inkludert i analysen som en kontinuerlig variabel, slik at jeg finner den lineære effekten. Nettoinntekten er delt på en million slik at det skal bli enklere å lese resultatene. Jeg har også generert variabelen «kvadratet av nettoinntekten delt på en million». Jeg gjorde dette for at jeg skal kunne oppdage en eventuell kvadratisk sammenheng mellom inntekt og den avhengige variabelen. En kvadratisk sammenheng her vil eventuelt fortelle oss at en husholdning blir «mettet» for strøm på den måten at når man tjener mer vil en stadig mindre andel av den økte inntekten brukes på strøm. Dette virker rimelig, og er i tråd med økonomisk teori, som forteller oss at normale goder har avtakende grensenytte. Disse inntektsvariablene vil også være en indikasjon på mengden elektronisk utstyr i husholdningen.

Boligareal er med som kontinuerlig, uavhengig variabel. Det antas at boligareal har en betydelig effekt på elektrisitetsforbruket i husholdningene, da en stor andel av energien i norske husholdninger brukes til oppvarming, og opp mot 80 % av denne energien er elektrisitet (Bøeng, 2005). Større boligareal krever mer energi for å holde den samme innnetemperaturen.

Data for hustype er også med i datasettene. Da dette er en kategorisk variabel uten noen naturlig rangering har jeg generert dummyvariable for de forskjellige hustypene, og valgt blokkleilighet 3. etasje og over som referansekategori. I analysen er det dermed dummyvariable for hustypene våningshus, enebolig, blokkleilighet under 3. etasje, rekkehus, horisontalt delt tomannsbolig, forretningsbygg og annet. Disse syv vil på samme måte som under husholdningsstørrelse sammenlignes med referansekategorien.

Det er også generert dummyvariable for landsdel. Husholdningene i datasettene er delt inn i syv landsdeler, og her har jeg valgt Oslo og Akershus som referansekategori. De andre landsdelene, hvis dummyvariable vises i analysen er Hedmark og Oppland, Østlandet for øvrig, Agder og Rogaland, Vestlandet, Trøndelag og Nord-Norge. Det er sannsynlig at landsdel påvirker elektrisitetsforbruket, da de forskjellige landsdelene har til dels svært forskjellige middeltemperaturer, hvilket vil påvirke energimengden som kreves for å holde samme innnetemperatur, alt annet likt.

I et forsøk på å fange opp bruk av andre energibærere til oppvarming av boligene har jeg inkludert beløp brukt på gass, fyringsolje, og ved, samt verdi av anskaffet ved, kull og koks. Det er dog grunn til å tvile på om disse tallene har blitt korrekt innrapportert av alle respondentene. For eksempel er verdi av anskaffet ved et beløp det er vanskelig å estimere korrekt. Når det gjelder beløp brukt på gass og fyringsolje er dette utgifter som inntreffer relativt sjelden, da opplegg for fyring med disse normalt inkluderer en tank med betydelig kapasitet, slik at utgiften ikke inntreffer hvert år. Når man i undersøkelsen skal oppgi utgifter til disse postene de siste 12 månedene, er tanken at man i en stor undersøkelse med mange respondenter vil få et totalt innrapportert beløp som er usikkert, men forventningsrett. Da kun 2,5 % har gassovn og 5 % oljefyr eller parafinovn(SSB 2011 b), er det grunn til å stille spørsmålsteget ved om man i undersøkelsen har tilstrekkelig mange respondenter til at man kan være sikker på at disse variablene er forventningsrette.

5.2.1 Temperatur

Jeg tok også sikte på å finne ut hvordan utetemperaturen påvirker husholdningenes elektrisitetsforbruk. Utemperaturen i vintermånedene er tenkt å være den beste indikatoren, da brorparten av energibruken i husholdningene går til oppvarming av rom, og det meste av dette forbruket er i vinterhalvåret. Det finnes ikke data for utetemperatur i forbruksundersøkelsen, så disse ville jeg fremskaffe fra Meteorologisk Institutt ved UiO, og koble dem til de respektive husholdningene etter kommune. På denne måten kunne jeg ha hatt med utetemperatur som en uavhengig variabel i regresjonsanalysen. Hvilken kommune husholdningene i datasettet tilhører er en del av det komplette datasettet til SSB, men jeg fikk ikke tak i denne variabelen på grunn av personvern hensyn. Da den nærmeste geografiske bestemmelsen som finnes i det datasettet som er tilgjengelig er de syv landsdelene, forsøkte jeg å finne en representativ gjennomsnittlig vintertemperatur for disse på følgende måte.

Jeg lastet ned en rapport fra eklima.no, en side som gjør værdata fra Meteorologisk Institutt tilgjengelig. Rapporten inneholdt middeltemperatur for januar og februar 2007 og 2009 ved henholdsvis 113 og 105 værstasjoner fordelt over de 19 fylkene. Gjennomsnittstemperatur for fylket i denne perioden regnet jeg ut ved å ta gjennomsnittet av middeltemperaturene ved de værstasjonene som ligger i hvert fylke. Da målet var å finne en gjennomsnittstemperatur som på best mulig måte gir et bilde av den utetemperaturen husholdningene i Forbruksundersøkelsen ble utsatt for, og det ikke var noen praktisk gjennomførbar måte å finne ut hvor i landsdelene disse bodde, valgte jeg å vekte fylkesgjennomsnittene etter hvor mange husholdninger det var totalt i fylkene i de aktuelle årene. For eksempel var det 289 729 husholdninger i Oslo i 2007, hvilket utgjorde i underkant av 58 % av antall husholdninger i landsdelen «Oslo og Akershus» det året, mens Akershus utgjorde de resterende 42 %. Uttrykket for det vektete snittet for «Oslo og Akershus» blir dermed omtrent

$$0,58 * \text{OsloTemperatur} + 0,42 * \text{AkershusTemperatur}$$

Samme prosedyre ble fulgt for alle landsdelene for begge årene. Resultatet av denne utregningen fremgår av temperaturene i tabell 7 i kapittel 7. I min analyse vil altså variablene for landsdel gi et signal om samvariasjonen mellom elektrisitetsforbruk per person og utetemperatur. Variabelen inneholder imidlertid også annen informasjon om forskjeller på husholdningenes elektrisitetsforbruk i ulike landsdeler. Inkludering av både landsdel og temperatur ville ført til problemer med multikollinearitet, da dummyvariablene for landsdel og den tilhørende temperaturvariabelen er lineært avhengige. Fravær av multikollinearitet er en forutsetning for løsning av ligningssystemet (Biørn, 2008). Derfor valgte jeg å holde temperatur utenfor modellen, og heller forsøke å se om utetemperaturen i landsdelene kan forklare resultatene jeg får fra regresjonen.

5.3 Modell

Den økonometriske modellen som danner grunnlaget for analysen av de to datasettene separat uttrykkes ved følgende ligning:

$$\text{Log}(\text{elperperson}/1000) = \beta_0 + \beta_1 \text{antallpersoner} + \beta_2 \text{alder} + \beta_3 \text{antallvoksne} + \beta_4 \text{antallbarn} + \beta_5 \text{nettoinntekt}/1000000 + \beta_6 (\text{nettoinntekt}/1000000)^2 + \beta_7 \text{hustype} + \beta_8 \text{landsdel} + \beta_9 \text{boligareal} + \beta_{10} \text{gass} + \beta_{11} \text{fyringsolje} + e$$

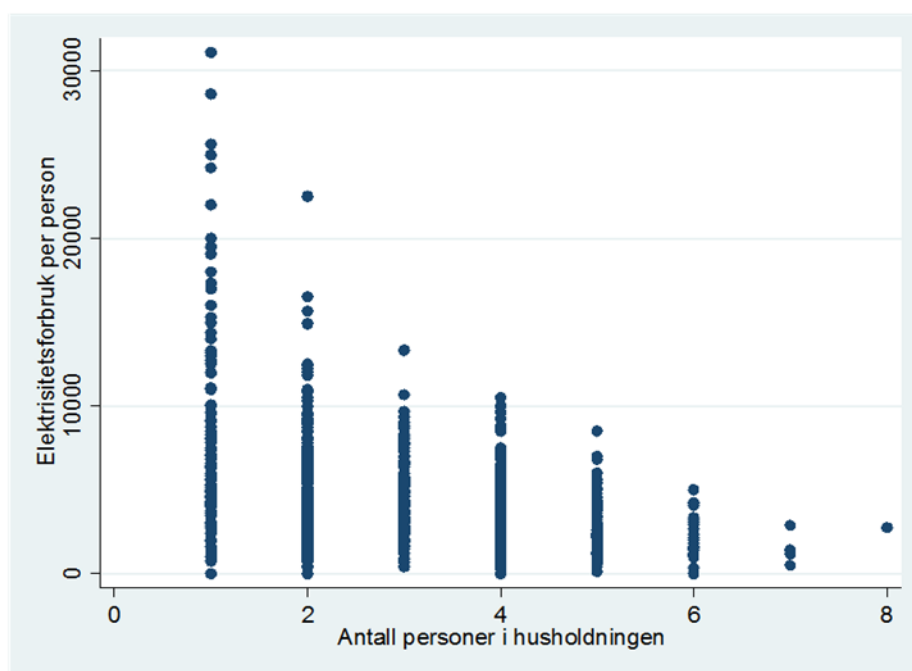
$\text{Log}(\text{elperperson}/1000)$ er som nevnt den avhengige variabelen, og modellen forsøker å forklare endringer i denne ved endringer i de øvrige variablene. Parameterne $[\beta_0, \beta_{11}]$ angir hvilken endring i den avhengige variabelen modellen estimerer som et resultat av én enhets økning i den uavhengige variabelen. β_0 er konstantleddet, og er ikke knyttet til endring i noen av de uavhengige variablene. β_1, β_7 og β_8 er vektorer av parametere som hver er knyttet til endringer i de genererte dummyvariablene, og disse verdiene vil signalisere endringen i den avhengige variabelen vi kan forvente av at en husholdning hører hjemme i den spesifikke kategorien sammenlignet med referansekategorien. Prosentvis effekt av uavhengig variabel nummer i på $\text{elperperson}/1000$ er lik $100 \cdot (e^{\beta_i} - 1)$. For små verdier av β_i er dette lik $100 \cdot \beta_i$.

I det videre slår jeg sammen de to datasettene til ett i håp om at dette vil gi ytterligere tyngde til de av mine resultater som har lavere grad av signifikans i de separate kjøringene. Når jeg slår sammen datasettene må jeg generere en variabel som angir hvilket år observasjonene er fra. Dette har jeg gjort på to måter. Først ved å anvende ligningen over og legge til en dummyvariabel for observasjonene fra år 2009. Denne variabelen vil si hvor mye elektrisitetsforbruket per person er forskjellig i 2009 sammenlignet med 2007, som er referansekategorien.

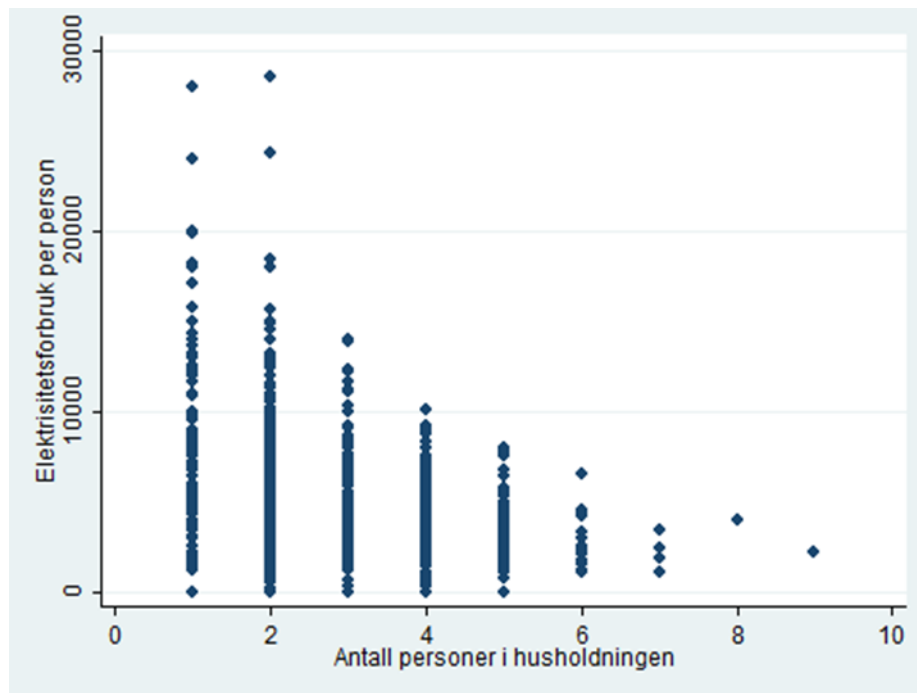
Da jeg ønsker å studere utetemperaturens innvirkning på elektrisitetsforbruket per person gjorde jeg om dummyvariablene for landsdel, slik at de representerer både landsdel og år. Nå blir det i min andre analyse altså 13 dummyvariable for landsdel i regresjonsligningen, som sammenlignes med referansekategorien «Oslo og Akershus, 2007». Dette gjør dummyvariabelen for år 2009 overflødig, da den er en lineær kombinasjon av de syv landsdelsvariablene for 2009.

6 Resultater

Før jeg ser på resultatene fra regresjonsanalysen vil jeg forsøke å påvise sammenhengen mellom beløp brukt på elektrisitet og husholdningsstørrelse i et par enkle figurer. I figur 12 og 13 er beløpet husholdningene brukte på elektrisitet per person fordelt etter antall personer i husholdningen for henholdsvis 2007 og 2009. Figuren har elektrisitetsforbruk per person på y-aksen og antall personer i husholdningen på x-aksen.



Figur 12: Elektrisitetsforbruk per person målt i kroner, plottet etter husholdningsstørrelse. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007.



Figur 13: Elektrisitetsforbruk per person målt i kroner, plottet etter husholdningsstørrelse. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2009

Av figurene går det tydelig frem at elektrisitetsforbruket per person synker med husholdningsstørrelse. Her er det imidlertid ikke kontrollert for andre variable som kan påvirke elektrisitetsforbruket i en husholdning.

Når jeg kjører den beskrevne regresjonsmodellen i STATA får jeg følgende resultater for henholdsvis 2007 og 2009:

Variabel	β	Std. Error	P> t	$e^{\beta}-1$
Konstantledd	1,253	0,103	0,000	2,501
To personer	-0,541	0,076	0,000	-0,418
Tre personer	-0,815	0,096	0,000	-0,557
Fire personer	-1,097	0,109	0,000	-0,666
Fem personer	-1,358	0,135	0,000	-0,743
Seks personer	-1,421	0,186	0,000	-0,758
Syv eller flere personer	-1,825	0,321	0,000	-0,839
Alder hovedperson	0,005	0,002	0,003	0,005
Antall voksne	-0,011	0,052	0,826	-0,011
Antall barn mellom 7 og 20	0,010	0,031	0,754	0,010
Nettoinntekt delt på 1 million	0,072	0,144	0,615	0,075
(Nettoinntekt delt på 1 million)^2	0,038	0,046	0,406	0,039
Våningshus	0,184	0,089	0,038	0,202
Frittliggende enebolig	0,127	0,065	0,051	0,135
Rekkehus	0,143	0,130	0,271	0,154
Horisontalt delt tomannsbolig	0,120	0,073	0,100	0,128
Annet boligbygg under 3. etasje	0,113	0,083	0,174	0,120
Forretningsbygg	0,405	0,214	0,060	0,499
Hedmark og Oppland	0,141	0,076	0,065	0,151
Sør-Østlandet	0,250	0,061	0,000	0,284
Agder og Rogaland	0,236	0,063	0,000	0,266
Vestlandet	0,133	0,061	0,028	0,143
Trøndelag	0,201	0,072	0,005	0,223
Nord-Norge	0,335	0,070	0,000	0,398
Gass/1000 kroner	0,038	0,051	0,459	0,038
Fyringsolje/1000 kroner	-0,017	0,006	0,008	-0,017
Boligflate/10 m^2	0,020	0,004	0,000	0,020

Tabell 2: Resultat av regresjon, 2007. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007

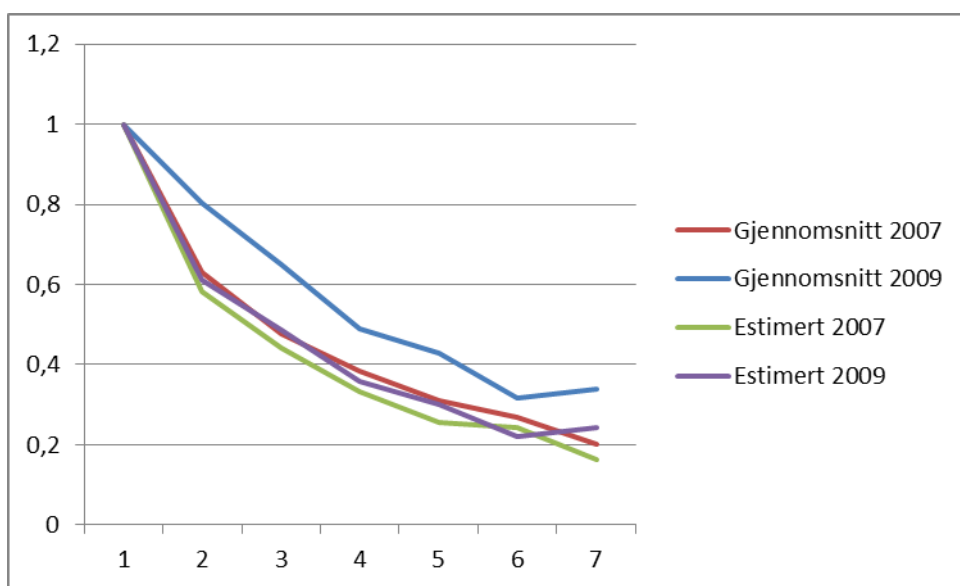
Variabel	β	Std. Error	P> t	$e^{\beta}-1$
Konstantledd	1,109	0,109	0,000	2,032
To personer	-0,492	0,073	0,000	-0,388
Tre personer	-0,720	0,095	0,000	-0,513
Fire personer	-1,024	0,107	0,000	-0,641
Fem personer	-1,206	0,131	0,000	-0,701
Seks personer	-1,518	0,183	0,000	-0,781
Syv eller flere personer	-1,417	0,288	0,000	-0,758
Alder hovedperson	0,006	0,002	0,000	0,006
Antall voksne	0,023	0,053	0,657	0,024
Antall barn mellom 7 og 20	0,026	0,030	0,383	0,026
Nettoinntekt delt på 1 million	0,091	0,202	0,654	0,095
(Nettoinntekt delt på 1 million)^2	0,051	0,095	0,593	0,052
Våningshus	0,251	0,090	0,005	0,285
Frittliggende enebolig	0,335	0,065	0,000	0,398
Rekkehus	0,345	0,134	0,010	0,412
Horisontalt delt tomannsbolig	0,252	0,073	0,001	0,287
Annet boligbygg under 3. etasje	0,149	0,079	0,059	0,161
Forretningsbygg	-0,457	0,208	0,028	-0,367
Hedmark og Oppland	0,015	0,078	0,843	0,016
Sør-Østlandet	0,726	0,061	0,233	1,066
Agder og Rogaland	0,178	0,062	0,004	0,195
Vestlandet	0,030	0,062	0,629	0,030
Trøndelag	0,111	0,070	0,115	0,117
Nord-Norge	0,246	0,068	0,000	0,279
Gass/1000 kroner	-0,024	0,006	0,000	-0,024
Fyringsolje/1000 kroner	0,001	0,004	0,737	0,001
Boligflate/10 m^2	0,019	0,004	0,000	0,019

Tabell 3: Resultat av regresjon 2009. Kilde: Forbruksundersøkelsen 2009

Analysene av begge datasettene returnerer R^2 til 0,34, hvilket vil si at de uavhengige variablene forklarer 34 % av variasjonen i den avhengige variabelen. Mange av resultatene er signifikante og i tråd med forventningene.

6.1 Husholdningsstørrelse

Innledningsvis vil jeg sammenligne gjennomsnittet av de absolutte tallene husholdningene brukte på elektrisitet per person og de isolerte effektene av husholdningsstørrelse som de fremgår av tabell 12 og 13. Dette gjør jeg ved å normalisere gjennomsnittstallene for énpersonshusholdninger til 1, og oppgi gjennomsnittlig elektrisitetsforbruk per person for større husholdninger som andel av dette. På denne måten blir det rett frem å sammenligne med resultatene fra regresjonsanalysen.



Figur 14: Elektrisitetsforbruk per person i husholdninger av ulik størrelse, estimert og gjennomsnitt. Aleneboende normalisert til 1, Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009

Som det går tydelig frem av figuren avviker gjennomsnittsforbruket per person fra 2009 fra mønsteret vi ser i de andre grafene. Den isolerte effekten av større husholdninger fra samme datasett er imidlertid omtrent sammenfallende med de øvrige grafene. Grunnen til at grafen for gjennomsnittet fra 2009 avviker er at gjennomsnittsverdien for énpersonshusholdninger i dette datasettet (7 388 kroner) er en god del lavere enn tilsvarende verdi fra 2007 (8 638 kroner). Dette gjør at gjennomsnittsverdiene i større husholdninger i 2009 er høyere sammenlignet med énpersonshusholdninger for dette året. I regresjonsanalysen forklares dette avviket av andre uavhengige variable, slik at estimert nedgang i elektrisitetsforbruk per person er omtrent lik estimatet for 2007. Det at tallene for elektrisitetsforbruket per person i husholdninger med 7 eller flere medlemmer spriker mer enn for andre husholdningsstørrelser er antakelig fordi det er henholdsvis 5 og 6 observasjoner i de to datasettene, så disse estimatene er svært usikre.

Jeg finner en svært stor negativ sammenheng mellom elektrisitetsforbruk per person og antall personer i husholdningen. Alle disse resultatene er signifikante på 0,1 % nivå. Det betyr at sannsynligheten for at det ikke er noen sammenheng er mindre enn 0,1 %.

Elektrisitetsforbruket per person i husholdninger med flere medlemmer sammenlignes i tabellen under med husholdninger der det bare bor én person.

Husholdningsstørrelse	1	2	3	4	5	6	7
Forbruk per person 2007	1	-0,418	-0,557	-0,666	-0,743	-0,758	-0,839
Forbruk per person 2009	1	-0,388	-0,513	-0,641	-0,701	-0,781	-0,758

Tabell 4: Estimert elektrisitetsforbruk per person, omregnet til andels avvik fra aleneboende, som er normalisert til 1.
Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009

Vi ser for eksempel at personer som bor to sammen bruker 42 og 39 prosent mindre elektrisitet enn personer som bor alene. Dette er et mye større utslag enn det som går frem av energibruken i tabellen for gjennomsnittlig energiforbruk per husholdning for ulike husholdningsstørrelser fra SSB (SSB, 2011 a) og det O'Neill og Chen (2002) finner i sine undersøkelser av energibruken ved ulike husholdningsstørrelser. Begge disse undersøkelsene omhandler den totale mengden energi, mens mine estimater er for beløp brukt på elektrisitet. Noe av forskjellen i estimatene ligger antageligvis i denne forskjellen, da Ironmonger et al. (1995) påviste økt stordriftsfordel for større husholdninger i regning med beløp brukt på energi istedenfor energimengde, og det er faste kostnader som en del av nettleien også i Norge.

Dette er et veldig interessant funn, som antyder at det er en større stordriftsfordel i bruken av elektrisitet enn i den totale energibruken. Som nevnt brukes ca. 66 % av energien i husholdningene til oppvarming, og det er her andre energibærere bidrar. Ca. 22 % av energien anvendes til belysning og elektriske apparater (NVE, 2012). Den delen av elektrisitetsbruken som brukes til oppvarming antas å ha nær sammenheng med boligflate, og er således kontrollert for i regresjonsmodellen. Andelen av energien som brukes på elektriske apparater og belysning består nesten utelukkende av elektrisitet, og stordriftsfordelene i denne sektoren er knyttet til apparater man typisk har én av i en husholdning, som kjøleskap og stekeovn. Man sitter gjerne i det samme opplyste rommet og ser på den samme TV'en. Dette kan være en del av forklaringen på at stordriftsfordelene i elektrisitetsforbruk er større enn stordriftsfordelene i den totale energibruken, når man, som her, kontrollerer for andre variable.

Med utgangspunkt i disse prosentvise endringene i forbruk per person kan jeg utlede en husholdnings forventede elektrisitetsforbruk. For eksempel impliserer resultatene at en topersonshusholdning bruker $2 \cdot (1 - 0,42) = 1,17$ ganger så mye elektrisitet for 2007 og $2 \cdot (1 - 0,39) = 1,22$ for 2009. På samme måte får jeg at en husholdning med 3 medlemmer bruker henholdsvis 1,33 og 1,46 ganger så mye elektrisitet som en enpersonshusholdning i de to datasettene.

Implisert forbruk i forhold til enpersonshusholdninger	1	2	3	4	5	6	7+
2007	1,000	1,165	1,328	1,336	1,285	1,449	1,161
2009	1,000	1,223	1,460	1,437	1,497	1,315	1,818

Tabell 5: Implisert forbruk i forhold til énpersonshusholdninger, Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009

Det kan virke rart at husholdninger kun bruker 17 – 22 % mer elektrisitet når det bor to personer istedenfor én. Forskjellen mellom en typisk topersonshusholdning og en typisk énpersonshusholdning er imidlertid langt større. To personer kan forventes å ha høyere samlet nettoinntekt, ha en større bolig, og oftere bo i en enebolig enn en person som bor alene. I modellen er det kontrollert for disse variablene, så man kan tenke seg at en person uten inntekt flytter inn i boligen til en person som tidligere bodde alene. De økte utgiftene vil for eksempel være knyttet til bruk av varmtvann og forskjellige elektriske apparater.

6.2 Alder

Analysen gir også signifikant resultat på alder som har en positiv sammenheng med elektrisitetsforbruket per person. Alt annet likt tyder koeffisientene på at ett års økning i hovedpersonens alder gir en 0,5 – 0,6 % økning i elektrisitetsforbruket per person. Resultatene er signifikante og koeffisientene forholdsvis like for de to årene.

6.3 Nettoinntekt, hustype og boligflate

Det er svært overraskende at ikke analysen gir signifikant sammenheng mellom nettoinntekt og elektrisitetsforbruk per person i noen av datasettene. Koeffisientene er som forventet positive (0,07 og 0,09 i de to datasettene), men altså langt fra signifikante. Dersom grunnen til at det ikke fantes noen lineær sammenheng forskjellig fra null var at husholdningene var «mettet» for strøm, altså at grensenytten av strøm var svært lav for den mengden de bruker,

ville jeg forventet å se denne sammenhengen i koeffisienten til kvadrert nettoinntekt. Jeg finner imidlertid ikke noen signifikant sammenheng her heller. Dette funnet avviker fra funnene til Isdahl, da hun fant en signifikant og positiv effekt av nettoinntekt i 2007-datasettet. Da denne forskjellen kan være på grunn av at jeg har med boligareal, forsøkte jeg å kjøre regresjonen uten denne variabelen. Dette førte til at inntekt gav en koeffisient på 0,28, signifikant på 5 % nivå, altså i nærheten av funnene hennes. Dette er et svært interessant resultat, som kan tolkes som at omtrent hele den positive sammenhengen mellom inntekt og elektrisitetsforbruk er på grunn av den sterke korrelasjonen mellom boligflate og inntekt. Holder vi boligflate (og alle de andre variablene) konstant, kan vi ikke med noen tyngde si noe om hva effekten av økt nettoinntekt er. Disse resultatene kan være en konsekvens av at elektrisitet blir sett på som et nødvendighetsgode i de fleste anvendelser, og impliserer at norske husholdninger har nådd et forbruk av elektrisitet som gir svært lav grensenytte av ytterligere forbruk, utover det som eventuelt er assosiert med større boligflate.

Jeg finner en positiv effekt av boligflate på elektrisitetsforbruk per person. Resultatet er signifikant på 0,1 % nivå, og gir en økning i elektrisitetsforbruket per person på ca. 0,2 % per kvadratmeter. Estimatet for parameteren er tilnærmet likt i de to datasettene. Som beskrevet tidligere er det et spesielt interessant aspekt ved effekten av boligflate at denne variabelen, gjennom sterk korrelasjon med nettoinntekt, virker å forklare svært mye av den positive sammenhengen mellom inntekt og elektrisitetsforbruk per person.

Når det gjelder hustype er det blokkleilighet i 3. etasje eller høyere som er referansekategorien, slik at koeffisienten til dummyvariablene for de resterende hustypene representerer forskjeller fra denne, alt annet likt. Forventningen om at blokkleilighet over 3. etasje er den mest energibesparende hustypen fordi disse ofte er «pakket inn» med andre leiligheter på flere kanter, og dermed godt isolert, bekreftes ved at nesten alle de estimerte koeffisientene er positive. Unntaket er forretningsbygg i 2009-settet, som viser en negativ sammenheng med elektrisitetsforbruket per person i forhold til referansekategorien på 5 % signifikansnivå. De resterende hustypene viser i 2009 en positiv sammenheng i forhold til referansekategorien med signifikansnivå 1 % eller bedre med unntak av blokkleilighet under 3. etasje, der det er en positiv sammenheng på 10 % signifikansnivå. Eksempelvis virker husholdninger i frittliggende eneboliger å bruke 34 % mer elektrisitet per person enn referansekategorien. Da det er kontrollert for boligflate i analysen må denne forskjellen forklares på andre måter, som dårligere isolering og muligens flere elektriske apparater. I

datasettet fra 2007 er tendensen at alle hustypene bruker mer elektrisitet per person enn referansekategorien, men effektene synes mindre, og er til dels ikke signifikante.

6.4 Landsdel

Resultatene jeg får for Nord-Norge fremstår som de viktigste hva angår landsdel.

Undersøkelsene fra 2007 og 2009 gir koeffisienter på henholdsvis 0,33 og 0,25, begge på 0,1 % signifikansnivå. Dette betyr at alt annet likt, vil en husholdning i Nord-Norge bruke mer elektrisitet per person, 40 % og 28 % mer i min analyse enn en husholdning i Oslo og Akershus. Denne sammenhengen var den jeg regnet med å finne, da temperaturen i Nord-Norge var forventet å være den som var mest avvikende fra den i referansekategorien Oslo og Akershus, og jeg forventet at kaldere utetemperatur ville føre til større energibruk til oppvarming, og dermed også økt forbruk av elektrisitet.

For 2007 får jeg også flere andre signifikante resultater, og alle disse indikerer et høyere elektrisitetsforbruk i andre landsdeler enn i Oslo og Akershus. For 2009 er det kun Agder og Rogaland, bortsett fra Nord-Norge, som gir et signifikant resultat, dette på 1 % nivå, som også her viser et høyere elektrisitetsforbruk per person enn i referansekategorien. Da det er beløp brukt på elektrisitet som er den avhengige variabelen, kan disse resultatene ha sammenheng med prisforskjeller. Et veid gjennomsnitt av den faste delen av nettleien i landets fylker var lavest i Oslo og Akershus for både 2007 og 2009, mens Hedmark og Oppland og Nord-Norge utmerker seg med relativt stor fast kostnad per kunde (NVE, 2009). Dette kan forklare noe av landsdelseffekten.

6.5 Andre energibærere

Jeg får signifikant resultat for fyringsolje i 2007-settet og for gass i 2009-settet. Begge disse resultatene er negative, altså at utgifter til gass, parafin eller fyringsolje fører til lavere elektrisitetsforbruk per person. Dette var å forvente, da disse er substitutter for elektrisitet i bruk til oppvarming. Jeg inkluderte også beløp brukt på kull, koks og ved i regresjonene, men disse gav ingen signifikante resultater. Det var få eller ingen observasjoner forskjellig fra null i disse variablene.

7 Samlet regresjonskjøring

Variabel	β	Std. Error	P> t	$e^{\beta}-1$
Konstantledd	1,092	0,078	0,000	1,979
To personer	-0,518	0,053	0,000	-0,404
Tre personer	-0,769	0,068	0,000	-0,537
Fire personer	-1,067	0,076	0,000	-0,656
Fem personer	-1,297	0,094	0,000	-0,727
Seks personer	-1,473	0,131	0,000	-0,771
Syv eller flere personer	-1,632	0,214	0,000	-0,804
Alder hovedperson	0,006	0,001	0,000	0,006
Antall voksne	-0,002	0,037	0,947	-0,002
Antall barn mellom 7 og 20	0,017	0,022	0,419	0,018
Nettoinntekt delt på 1 million	0,158	0,108	0,142	0,171
(Nettoinntekt delt på 1 million)^2	0,006	0,038	0,881	0,006
Våningshus	0,217	0,063	0,001	0,242
Frittliggende enebolig	0,229	0,046	0,000	0,258
Rekkehus	0,248	0,094	0,008	0,282
Horisontalt delt tomannsbolig	0,193	0,052	0,000	0,213
Annet boligbygg under 3. etasje	0,137	0,057	0,017	0,147
Forretningsbygg	-0,054	0,150	0,717	-0,053
Hedmark og Oppland 2007	0,131	0,073	0,072	0,140
Sør-Østlandet 2007	0,230	0,059	0,000	0,259
Agder og Rogaland 2007	0,209	0,061	0,001	0,233
Vestlandet 2007	0,118	0,059	0,045	0,125
Trøndelag 2007	0,192	0,069	0,006	0,211
Nord-Norge 2007	0,299	0,068	0,000	0,349
Oslo og Akershus 2009	0,140	0,056	0,013	0,150
Hedmark og Oppland 2009	0,188	0,076	0,013	0,207
Sør-Østlandet 2009	0,239	0,058	0,000	0,270
Agder og Rogaland 2009	0,347	0,059	0,000	0,415
Vestlandet 2009	0,196	0,060	0,001	0,216
Trøndelag 2009	0,267	0,069	0,000	0,306
Nord-Norge 2009	0,411	0,066	0,000	0,508
Parafin/1000	-0,023	0,009	0,013	-0,023
Gass/1000	-0,021	0,006	0,000	-0,021
Fyringsolje/1000	-0,004	0,003	0,226	-0,004
Boligflate/10	0,020	0,003	0,000	0,020

Tabell 6: Resultat av regresjon 2007+2009, Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009

Resultatet av kjøring av den andre regresjonsligningen som er beskrevet i kapittel 5.3 er ikke gjengitt, da de færreste av disse resultatene er av interesse utover det som er diskutert over. Da det var nesten nøyaktig like mange observasjoner i de to datasettene, ble koeffisientene som forventet nær gjennomsnittet av de tilsvarende koeffisientene i de separate kjøringene, med gjennomgående lavere standardfeil. Dummyvariabelen for 2009 ble rapportert til 0,089, signifikant på 0,01 % nivå, hvilket betyr at ellers like husholdninger betalte $e^{0,089}-1=9,3$ % mer for elektrisitet per person i 2009 enn i 2007.

Resultatet av kjøringen av den tredje regresjonsligningen, med 13 dummyvariable for landsdel og år, er gjengitt i tabell 6. Som over er det mest interessante med denne kjøringen hvordan forskjellen mellom de to årene viser seg i de 13 dummyvariablene for landsdel. Alle landsdelsårenes koeffisienter viser endring i elektrisitetsforbruk per person som følge av at en husholdning tilhører den spesifikke landsdelen det året, sammenlignet med referansekategori «Oslo og Akershus, 2007». Som forventet skiller resultatene for de seks landsdelene i 2007 seg lite fra resultatene i den separate kjøringen av dette datasettet, da resultatet beskriver det samme som tidligere.

Landsdeler	Vektet temperaturgjennomsnitt	
	2007	2009
Oslo og Akershus	-3,06	-4,53
Hedmark og Oppland	-7,05	-8,12
Østfold, Vestfold, Buskerud og Telem.	-1,77	-3,70
Aust Agder, Vest Agder og Rogaland	2,02	0,19
Hordaland, Sogn og Fj., Møre og Roms.	1,42	1,23
Nord- og Sør-Trøndelag	-2,25	-2,02
Nordland, Troms og Finnmark	-4,98	-3,03

Tabell 7: Gjennomsnittstemperatur i landsdelene, vektet etter antall husholdninger i fylkene. Kilde: Meteorologisk Institutt (eklima.no)

For Oslo og Akershus brukte ellers like husholdninger 15 % mer elektrisitet per person i 2009 enn i samme landsdel i 2007, om vi antar at prisen ikke endret seg. Dette resultatet er signifikant på 5 % nivå. Ifølge mine utregninger for temperatur i januar og februar, som går frem av tabell 7, var det nesten 1,5 grader kaldere i landsdelen i 2009 enn i 2007. Dermed er det sannsynlig at temperaturforskjellen forklarer en del av dette resultatet. Også i Hedmark og Oppland, Agder og Rogaland og Sør-Østlandet er det, sammenlignet med Oslo og Akershus 2007, et større beløp brukt på elektrisitet per person i 2009. Alle disse har også

lavere gjennomsnittstemperatur i 2009 enn i 2007, slik at dette ser ut til å kunne forklare det økte strømforbruket.

Vestlandet, Trøndelag og Nord-Norge har imidlertid også en økt utgift til elektrisitet i 2009, på tross av at Vestlandet og Trøndelag har liten temperaturendring, og Nord-Norge faktisk har en to grader høyere temperatur i 2009 enn i 2007. Dette svekker argumentet for at temperatur forklarer en stor del av effektene vi ser for landsdelsår. Det kan imidlertid være mange andre grunner til at elektrisitetsutgiftene ser ut til å ha vært større i 2009 enn i 2007. Det kan ha vært kalde perioder utenom perioden januar – februar, som gjør middeltemperaturen jeg anvender lite representativ for året som helhet. Andre værfaktorer kan også spille inn. Mye nedbør og vind kan føre til en lavere effektiv temperatur, som oppleves som kaldere, og kan føre til at man øker innetemperaturen. Da landsdelseffektene for 2009 ser ut til å være konsekvent høyere enn de for 2007, uavhengig av om temperaturen var høyere eller lavere, er kan det være andre forhold, som pris, som gjør at husholdningene brukte større beløp på elektrisitet.

Da «Oslo og Akershus 2007» er referansekategorien, er dette den eneste landsdelen vi kan sammenligne på tvers av årene ved å lese direkte av tabellen. For å kunne sammenligne de andre landsdelene med seg selv på tvers av årene, må jeg finne ut om differansen mellom koeffisientene er signifikant forskjellig fra null. Dette gjøres ved å finne standardavviket til differansen mellom koeffisientene, slik at jeg kan lage konfidensintervaller. Om den er det kan vi slå fast med noe tyngde at elektrisitetsforbruket per person i landsdelen er forskjellig i 2007 og 2009.

	$\beta_{2007}-\beta_{2009}$	Std.feil($\beta_{2007}-\beta_{2009}$)	95 % konfidensintervall	
Hedmark og Oppland	-0,057	0,235	-0,519	0,405
Sør-Østlandet	-0,009	0,059	-0,125	0,107
Agder og Rogaland	-0,138	0,063	-0,261	-0,015
Vestlandet	-0,078	0,061	-0,198	0,042
Trøndelag	-0,075	0,078	-0,228	0,078
Nord-Norge	-0,112	0,074	-0,258	0,034

Tabell 8: Koeffisienter, standardfeil og konfidensintervall for differansene mellom tilsvarende landsdelsvariabler.
Kilde: Forbruksundersøkelsen 2007, 2009

Som det går frem av tabellen er koeffisientene for Agder og Rogaland de eneste som er signifikant forskjellig mellom årene på 5 % nivå. Ingen av de andre differansene er

signifikante på 10 % nivå heller. I Agder og Rogaland var det omtrent 1,8 grader kaldere i 2009 enn i 2007, så det er rimelig å anta at temperaturen er medvirkende til dette resultatet. Flere av de andre landsdelene hadde like store temperaturforskjeller, men differansen mellom estimatene er altså mindre robust. Vi kan imidlertid se at sannsynligheten for at elektrisitetsutgiftene i Nord-Norge er høyere i 2009 enn i 2007 er betydelig, et resultat som ikke virker å kunne forklares med temperaturene jeg har funnet for landsdelen. Kostnadene til nettleie i de tre fylkene endret seg ikke nevneverdig mellom de to årene (NVE, 2009), men prisen per kWh har antakeligvis betydning for resultatet.

8 Funn sammenlignet med tidligere forskning

På flere områder samsvarer mine resultater med det som er funnet i empiriske studier på mikro- og makronivå. Dette gjelder hovedsakelig effekten av husholdningsstørrelse og alder. O'Neill og Chen (2002) skriver om energi brukt både til transport og i hjemmet, og måler dessuten energi fra alle energibærere, målt i energienheter. Den avhengige variabelen i min analyse er beløp brukt på strøm, så det må tas visse hensyn i sammenligningen av disse resultatene med hverandre. Det at jeg konsentrerer meg om beløp brukt på elektrisitet, og kun har med andre energibærere som forklaringsvariable, forklares med at i overkant av 77 % av energiforbruket i norske hjem er elektrisitet, en høyere andel enn i de fleste andre land (SSB 2011 a). Elektrisitetsforbruket i husholdningene er derfor en god indikator på det totale energiforbruket. O'Neill og Chen (2002) skiller gjennom hele artikkelen mellom residential (i hjemmet) og transport, hvilket gjør sammenligning med mine resultater mulig.

Det at den uavhengige variabelen i min analyse er beløp brukt på elektrisitet, og ikke antall kWh, gjør at det er mulig at strømprisen spiller en rolle. Det er imidlertid rimelig å anta at husholdninger som er bosatt i samme landsdel møter de samme prisene når de kjøper elektrisitet.

Regresjonsanalysen min gir en sterkere effekt av husholdningsstørrelse enn den O'Neill og Chen (2002) finner, altså en større nedgang i elektrisitetsforbruket per person med flere personer i husholdningen. Der jeg får en nedgang på 41,7 % og 38,8 % i energibruken til topersonshusholdninger i forhold til enpersonshusholdninger i min analyse finner O'Neill og Chen (2002) en forskjell på 30 %. Også for trepersonshusholdninger finner jeg en sterkere effekt: henholdsvis 55,7 og 51,3 % mindre elektrisitetsbruk per person enn i enpersonshusholdninger for 2007 og 2009. Dette var forventet, da også analysen til Hanne Isdahl (2011) gav større effekt enn den O'Neill og Chen (2002) fant.

Da jeg får enda sterkere effekt enn Isdahl fant for 2007, er det naturlig å se på forskjellene mellom våre analyser. Det viktigste som må trekkes fram er at jeg har med boligflate som forklaringsvariabel. Denne variabelen gir signifikant positiv effekt på elektrisitetsforbruket i min analyse, og viser naturlig nok sterk korrelasjon(0,37) med antall personer i husholdningen. Store husholdninger bor typisk i større boliger enn små. Når effekten av

boligflate trekkes ut som egen variabel, vil man dermed kunne forvente at den isolerte effekten av flere personer i en husholdning blir større, altså mer negativ.

Det som kompliserer videre sammenligning med Isdahls resultater er at hun i sin oppgave skriver, og gir dummyvariable til, fem landsdeler i datasettet fra 2007, mens det i virkeligheten er syv. Dette gjør det vanskelig å vite om data fra disse landsdelene var med i analysen, om de gjemmer seg i referansekategorien etc.

Hva angår alder samsvarer mitt resultat med funnene til O'Neill og Chen (2002).

Artikkelforfatterne illustrerer resultatet i en graf som viser et tilnærmet lineært forhold mellom økt alder og energiforbruk i hjemmet mellom aldrene 35 og 85. Analysen min gir en økning i husholdningens elektrisitetsforbruk på 5 - 6 % ved en ti års økning i hovedpersons alder, hvilket er i nærheten av resultatene fra den amerikanske undersøkelsen.

Også Liddle (2011) undersøker hvordan elektrisitetsforbruket per person endrer seg med alder. Han gjennomførte en ganske annerledes studie enn den som gjøres i denne oppgaven, ettersom han tar utgangspunkt i statistikk på makronivå fra OECD, og gjør en tidsserieanalyse for å finne ut hvordan landenes elektrisitetsforbruk varierer med folkemengde, alderssammensetning og BNP per innbygger. Da det ikke fantes tilstrekkelig tall for gjennomsnittlig husholdningsstørrelse, er dette ikke med i analysen, men Liddle argumenterer for at han gjennom effekten av andelen av befolkningen i de fire aldersgruppene påviser en effekt av husholdningsstørrelse, nemlig ved at de to aldersgruppene som dekker 35 – 69 år har negative koeffisienter på grunn av at disse typisk bor i husholdninger med flere medlemmer.

Han finner en relativt sterk positiv sammenheng mellom andel av befolkningen over 70 år og elektrisitetsforbruket. Noe av dette må tilskrives det faktum at personer i denne aldersgruppen typisk bor i husholdninger med én eller to personer, men noe må også gis til inntekt for at elektrisitetsforbruket stiger med alderen.

9 Funn i lys av demografisk utsyn

Som beskrevet i kapittelet om den demografiske utviklingen i Norge, er det knyttet stor usikkerhet til prognoser og framskrivninger av både befolkning, alderssammensetning, og gjennomsnittlig husholdningsstørrelse. Jeg vil forholde meg til hovedalternativet i SSBs framskrivninger av folketall og alderssammensetning, som beskrevet i Brunborg og Tønnesen (2012). Hva angår den forventede utviklingen i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse, tar jeg utgangspunkt i dagens fordeling av husholdningene, og skisserer konsekvensene av avvik fra denne.

Da datasettene mine er fra 2007 og 2009, bruker jeg middelfolkemengde og elektrisitetsforbruk i norske husholdninger for 2009 som utgangspunkt for beregningene mine. Jeg bruker imidlertid den siste av SSBs framskrivninger av folkemengde for å få et best mulig estimat for antall innbyggere i framtiden. Totalt forbruk av elektrisk kraft i husholdninger og jordbruk var 38,445 TWh i 2009 (SSB 2013 a). En beregning av elektrisitetsforbruket i private husholdninger kun som et resultat av at antall innbyggere øker fra 4,828 millioner i 2009 til 6,681 millioner i 2050 (hovedalternativ(MMMM), SSB 2012, a), en økning på 1,882 millioner personer, gir

$$(1,882/4,828)*38,445 \text{ TWh} = 15 \text{ TWh}$$

Dette innebærer et totalt elektrisitetsforbruk i husholdningene på 53,45 TWh, som viser en økning som er proporsjonal med økningen i folketallet.

Det er imidlertid ikke forventet at andelen av husholdningene i de forskjellige størrelsene vil holde seg likt som det var i 2009. Andelen av befolkningen som er over 70 år forventes å øke til rundt 17 % i 2050, en markant økning fra ca 11 % i dag. Da denne aldersgruppen oftere bor i en- og topersonshusholdninger enn befolkningen for øvrig er dette ett av flere argumenter som taler for at gjennomsnittlig husholdningsstørrelse vil bli lavere i fremtiden. Tabell 9 viser den prosentvise fordelingen av husholdningene om den forblir som i dag (SSB 2012 e) og i ytterligere to scenarier der gjennomsnittlig husholdningsstørrelse synker ytterligere i fortsettelsen av trenden de siste 100 årene.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
1 person	39,6	45	50
2 personer	28,1	26	24
3 personer	12,6	11	10
4 personer	12,7	12	11
5 eller flere personer	7	6	5
Gjennomsnitt størrelse	2,2	2,1	2,0

Tabell 9: Prosent av husholdningene etter størrelser, 3 scenarier.

Den prosentvise fordelingen i scenariene 2 og 3 er kun tenkte tilfeller for å illustrere hvor mye husholdningssammensetningen i befolkningen kan påvirke elektrisitetsforbruket selv om folketallet holdes konstant. En gjennomsnittlig husholdningsstørrelse på 2,1 og 2,0 i år 2050 er relativt moderate endringer fra i dag. Keilman og Christiansen (2008) framskriver gjennomsnittlig husholdningsstørrelse til å bli 2,03 allerede i 2032. Jeg har regnet med at det i gjennomsnitt bor 5,4 personer i husholdningene med 5 eller flere personer.

Det gjennomsnittlige beløpet brukt på elektrisitet i enpersonshusholdningene i datasettene for 2007 og 2009 var 8000 kroner. Om jeg regner med en gjennomsnittspris på 50 øre per KWh, blir gjennomsnittsforbruket av elektrisitet for disse 16000 KWh. Prisen på elektrisitet så mange år frem i tid er naturligvis en kilde til stor usikkerhet, men utgiftene til elektrisitet regnes her om til energienheter for å få tall som gir mening for landet som helhet.

Formelen for å estimere det totale elektrisitetsforbruket for en gitt befolkningsstørrelse i de tre scenariene som et resultat av mine beregninger blir

$$El_{Tot} = H * 8000 / P * (a_1 * 1 + a_2 * 2 * (1 - 0,40) + a_3 * 3 * (1 - 0,53) + a_4 * 4 * (1 - 0,65) + a_{5+} * 5,4 * (1 - 0,74))$$

der El_{Tot} er totalt elektrisitetsforbruk for norske husholdninger målt i KWh, P er pris i kroner per KWh, H er antall husholdninger, kalkulert ved befolkning delt på gjennomsnittlig husholdningsstørrelse, og $a_1 - a_{5+}$ er andelene av husholdningene i de ulike husholdningsstørrelsene i de tre scenariene.

Først sjekker jeg modellens predikative kraft ved å sette inn antall husholdninger i 2009 i scenario1, som altså er husholdningsfordelingen etter størrelse slik den var i 2009. Dette gir et totalforbruk på 40,4 TWh, som er ca. 2 TWh mer enn de 38,4 som ble observert dette året.

For scenario 1 i 2050 setter jeg antall husholdninger lik 6 681 000/2,2, og finner estimatet på forbruket til å være 56,7 TWh. For scenario 2 og 3 gir modellen henholdsvis 59,0 og 61,6 TWh. Disse estimatene antar at kun husholdningenes fordeling etter størrelse endrer seg, mens alle andre relevante faktorer, som inntekt og boligvariabler, holdes konstant.

Økningen i husholdningenes totale forbruk som resultat av gjennomsnittlig mindre husholdninger er noe mindre enn forventet. Økningen fra dagens forbruk er imidlertid betydelig i alle tilfellene, og alle scenariene er større enn estimatet som fremkommer ved regning med konstant gjennomsnittlig elektrisitetsforbruk per person. Forskjellen på elektrisitetsforbruket i de tre scenariene viser at det kan være hensiktsmessig å inkludere prognoser for husholdningsstørrelse i beregninger av fremtidig elektrisitetsforbruk.

10 Konklusjon

Analyse av forbruksdata fra 2007 og 2009 bekrefter det andre empiriske arbeider på feltet har slått fast. Husholdninger med flere medlemmer har et lavere forbruk av elektrisitet per person, og er dermed mer energieffektive. Regresjonsanalysen i denne oppgaven estimerer personer i topersonshusholdninger til å bruke 40 % mindre på elektrisitet enn aleneboende, og i trepersonshusholdninger 54 % mindre. De kvalitative resultatene må sies å være overførbare til total energibruk, da elektrisitet står for hele 77 % av all energibruk i private husholdninger i Norge.

Også andre karakteristika ved husholdninger er med på å gjøre forbruket av elektrisitet per person mindre i en husholdning. Husholdninger i blokkleiligheter over 3. etasje bruker mindre elektrisitet enn andre boligtyper. På grunn av stort behov for oppvarming bidrar større boligareal positivt til elektrisitetsbehovet, mens inntekt ikke ser ut til å ha noen signifikant sammenheng med elektrisitetsforbruket utover den positive korrelasjonen med boligareal.

At det er betydelige forskjeller på hvor energieffektive husholdninger med ulikt antall medlemmer er, får konsekvenser for estimerer på hvor mye elektrisitet norske husholdninger vil bruke i framtiden. Ifølge den enkle modellen i kapittel 9, med parametere fra regresjonsanalysen, må man ta høyde for et utslag på 10 % i husholdningenes elektrisitetsforbruk som følge av en fortsatt utvikling mot mindre husholdninger.

Litteraturliste

Amundsen, K.H. (2011): «Energisystemer i boligmassen: -Beboeres kunnskap, holdninger og tiltak for energieffektivisering», Rapport 2011, Norsk boligbyggerlag(NBBL)

Biørn, E. (2008): «Økonometriske emner», 3. utgave

Brunborg, H., I. Texmon og M. Tønnesen (2012): «Befolkningsframskrivninger 2012-2100: Resultater», Økonomiske analyser 4/2012, Statistisk Sentralbyrå.

http://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/oa_201204/brunborg3.pdf, sist lastet ned 30.09.13

Brunborg, H. og M. Tønnesen (2013): «Befolkningsutviklingen», Økonomiske rapporter 2/2013, Statistisk Sentralbyrå. https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/_attachment/109879?_ts=13e3bd430d0, sist lastet ned 16.09.13

Bøeng, Ann Christin (2005): «Energibruk i husholdninger1930 – 2004 og forbruk etter husholdningstype», Rapporter 2005/41, Statistisk Sentralbyrå.

http://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/rapp_200541/rapp_200541.pdf, sist lastet ned

Foss, A. H. (2012): «Stokastiske befolkningsprognoser for Norge 2012-2060», Økonomiske analyser 2/2012, Statistisk Sentralbyrå.

http://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/oa_201202/foss.pdf, sist lastet ned 01.10.13

Førsund, F.(2007): «Hydropower Economics»

Halvorsen, B. (2012): «Utviklingen i strømforbruket, prisfølsomheten og strømmarkedet», Rapporter 2/2012, Statistisk Sentralbyrå,

http://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/rapp_201202/rapp_201202.pdf, sist lastet ned 16.09.13

Halvorsen, B. og B.M. Larsen (2013): «Hvem eier varmepumpe og hva gjør det med strømforbruket?», Økonomiske Analyser 2/2013, Statistisk Sentralbyrå, s. 21-27, sist lastet ned 14.06.13

Ironmonger, D.S., C.K. Aitken og B. Erbas(1995): «Economies of scale in energy use in adult-only households», Energy Economics, Volume 17, Issue 4, s. 301-310

Isdahl, H. (2011): «Norske husholdningers energiforbruk», masteroppgave ved Økonomisk Institutt, mai 2011

Liddle, B. (2010): «Consumption-driven environmental impact and age-structure change in OECD countries: A cointegration-STIRPAT analysis», Demographic research, Volume 24, Article 30, side 749-770

MacKellar, F.L., W. Lutz, C. Prinz og A. Goujon(1995): «Population, households, and CO2 emissions», Population and Development Review, Volume 21, No. 4, s. 849-865

Meteorologisk Institutt: www.eklima.met.no. Lastet ned rapporter med homogeniserte gjennomsnittstemperaturer for januar og februar 2007 og 2009 for alle tilgjengelige værstasjoner.

Norges Vassdrags- og Energidirektorat (2009): «Nettleiestatistikk husholdninger – 2005 og nyere», <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Nettleie1/Gamle-sider/Nettleiestatistikk/Nettleiestatistikk-husholdninger---2005-og-senere/> , sist lastet ned 13.10.13

Norges Vassdrags- og Energidirektorat (2012): «Energibruksrapporten 2012 – Energibruk i husholdninger», Rapport nr 30/2012

Norges Vassdrags- og Energidirektorat: Kraftmarked- Forbrukerinformasjon – «Nettleie», <http://www.nve.no/no/kraftmarked/forbrukersider/nettleie1/>, sist lastet ned 13.10.13

NOU(1998:11): «Energi- og kraftbalansen mot 2020», avgitt til Olje- og Energidepartementet 3. juli 1998

O'Neill, B. og Chen, B. (2002): «Demographic determinants of household energy use in the United States», Population and Development review, Vol. 28, supplement: Population and Environment: Method of Analysis, s. 53-88

Olje- og energidepartementet (2013): «Fakta 2013: Energi- og vannressurser i Norge»

Statistisk Sentralbyrå (2000): Tallenes fortellinger: Elektrisitet 1937 – 1961: «Det lyste dog som en stjerne», <http://www.ssb.no/a/histstat/artikler/art-2000-10-25-01.html>, sist lastet ned 16.03.13

Statistisk Sentralbyrå (2010): Tabell: «Energiregnskap. Utvinning, omforming og bruk av energivarer. 2010. GWh.», <http://www.ssb.no/a/kortnavn/energiregn/tab-2012-11-13-14.html>, sist lastet ned 16.09.13

Statistisk Sentralbyrå (2011 a): «Energibruk i husholdningene, 2009», <http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/husenergi/hvert-2-aar/2011-04-19>, sist lastet ned 16.09.13

Statistisk Sentralbyrå (2011 b): «Husholdningenes energibruk», Tabell: «Husholdninger med ulike typer oppvarmingsutstyr. 2001, 2004, 2006 og 2009. Prosent», <http://www.ssb.no/a/kortnavn/husenergi/tab-2011-04-19-07.html>, sist lastet ned 16.09.13

Statistisk Sentralbyrå (2012 a): «Befolkningsframskrivninger: 2012-2100», <http://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram/aar>, sist lastet ned 30.09.13

Statistisk Sentralbyrå(2012 b): Statistikk: «Folkemengd og kvartalsvise befolkningsendringer, 2. kvartal 2013», <http://ssb.no/befolkning/statistikker/folkendrkv/kvartal>, sist lastet ned 16.09.13

Statistisk Sentralbyrå (2012 c): Statistikk: «Folke- og boligtellings, husholdninger, 2011», <http://ssb.no/befolkning/statistikker/fobhushold>, sist lastet ned 16.09.13

Statistisk Sentralbyrå (2012 d): Tabell: «Privathusholdninger og personer per privathusholdning, etter fylke. 1960, 1970, 1980, 1990, 2001 og 2011», <http://ssb.no/a/kortnavn/fobhushold/tab-2012-12-18-02.html>, sist lastet ned 16.09.13

Statistisk Sentralbyrå (2012 e): Tabell: «Privathusholdninger, etter husholdningsstørrelse, fylke, kommune og bydel. 2011 Prosent», <http://ssb.no/a/kortnavn/fobhushold/tab-2012-12-18-05.html>, sist lastet ned 09.10.13

Statistisk Sentralbyrå (2012 f): «Historisk nasjonalregnskap, langvarig vekst i norsk økonomi», <http://ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/artikler-og-publikasjoner/langvarig-vekst-i-norsk-okonomi>, sist lastet ned 13.10.13

Statistisk Sentralbyrå (2013 a): Tabell: «Nettoforbruk av elektrisk kraft, etter type og forbrukergruppe. GWh.», <http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitetaar/aar/2013-03-20?fane=tabell&sort=nummer&tabell=104194>, sist lastet ned 16.09.13

Statistisk Sentralbyrå(2013 b): «Familier og husholdninger, 1. januar 2013». <http://ssb.no/befolkning/statistikker/familie>, siste lastet ned 09.10.13

Statistisk Sentralbyrå(2013 c): Elektrisitet, årstal, 2011. Tabell: «08312: Nettoforbruk av elektrisk kraft, etter forbrukargruppe (GWh) (F)», <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selecttable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=elektrisitetaar&CMSSubjectArea=energi-og-industri&checked=true>, sist lastet ned 09.10.13

Statistisk Sentralbyrå (2013 d): «Døde, 2012», <http://ssb.no/dode>, sist lastet ned 13.10.13

Statistisk Sentralbyrå (2013 e): «Befolkningsendringer i kommunene, 1951-2013», <http://ssb.no/folkendrhist>, sist lastet ned 14.10.13

Statnett (2011): «Nettutviklingsplan – Nasjonal plan for neste generasjons kraftnett»

The Royal Commission on Environmental Pollution(2011): «Twenty-ninth report: Demographic change and the environment», side 48